

THESIS

MUNICH

1966

**Klinisches Bild und Rehabilitation bei
traumatischen Schädigungen des Plexus brachialis**

Jochen Dencker

LANE MEDICAL LIBRARY
STANFORD UNIVERSITY
300 PASTEUR DRIVE
PALO ALTO, CALIF.



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA40153513_0038

AUS DEM BERUFGENOSSENSCHAFTLICHEN UNFALLKRANKENHAUS
Murnau/Obb.

Chefarzt: Professor Dr.med. A. LOB

KLINISCHES BILD UND REHABILITATION
BEI TRAUMATISCHEN SCHÄDIGUNGEN DES
PLEXUS BRACHIALIS

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
verfaßt und
einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von
J o c h e n D e n c k e r
aus Breslau

München 1966

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter: Professor Dr. A. LOB
Mitberichterstatter: Professor Dr. R. ZENKER
Dekan: Professor Dr. R. ZENKER

Tag der mündlichen Prüfung: 14.7.1966

INHALTSVERZEICHNIS

I. Anatomische Grundlagen	5
II. Auswertung des Materials	8
III. Wiederherstellung und berufliche Wiedereingliederung (Rehabilitation)	34
IV. Zusammenfassung	48
V. Literaturverzeichnis	51

I. ANATOMISCHE GRUNDLAGEN

Das klinische Bild der Plexus brachialis-Verletzungen ist ungemein vielgestaltig. Abgesehen von zahlreichen Variationen innerhalb des Armgeflechtes liegt anatomisch eine so innige Verflechtung der vom Rückenmark ausgehenden Nervenfasern vor, daß ein Trauma - selbst an umschriebener Stelle des Plexus - immer eine Vielzahl verschiedener Neurone trifft. Je nachdem wie stark die einzelnen geschädigt und welche Kombinationen der einzelnen Anteile des Plexus sich miteinander ergeben, entstehen die mannigfaltigsten Lähmungsbilder. Zu einer diagnostischen Aussage in bezug auf Lokalisation und Ausdehnung der Schädigung brauchen wir die Kenntnis der anatomischen Verhältnisse bei der Bildung des Armnervengeflechtes.

Zum Plexus brachialis gehören die vollständigen Rami ventrales der Spinalnerven C. V bis C. VIII, sowie einige Fasern aus dem Segment C. IV und der größte Anteil aus dem Segment Th. I, dessen Restfasern den Interkostalnerven I bilden. Eine inkonstante kaudale Wurzel des Armgeflechtes bildet ein Verbindungsfaden aus Th. II, der gleich nach Austritt aus dem Foramen intervertebrale in die Th. I-Wurzel übergeht. In der Achselhöhle tritt als N. intercostobrachialis an den Plexus noch der dorsale Ast des Ramus cutaneus lateralis des Interkostalnerven II heran.

Alle Wurzeln laufen im spitzen Winkel einander zu. Dabei zeigen die drei kranialen Wurzeln absteigenden Verlauf, C. VIII annähernd horizontalen und die kaudale Wurzel eine aufsteigende Richtung. Die Stärke der Wurzeln nimmt bis C. VII zu und darauf wieder ab. Alle Wurzeln kommen hinter dem M. scalenus ventralis zum Vorschein und treten unmittelbar danach als ein konvergierendes und schräg abwärts verlaufendes Bündel in typischer Weise miteinander in Verbindung. Die beiden oberen Wurzeln C. V (nach Aufnahme des Faserbündels aus C. IV) und C. VI vereinigen sich zum oberen Primärstrang, Truncus superior und die Wurzeln C. VIII und Th. I zum unteren Primärstrang, Truncus inferior. C. VII bleibt unverbunden als mittlerer Primärstrang, Truncus medius. Diese drei Primärstränge teilen sich jeweils in einen hinteren und einen vorderen Ast. Die hinteren Anteile treten in einem gemeinsamen Sekundärstrang zusammen und bilden den Fasciculus posterior. Aus den vorderen Anteilen des oberen und mittleren Primärstranges geht der Fasciculus lateralis hervor und aus dem vorderen Anteil des unteren Primärstranges der Fasciculus medialis.

Bei einer anderen, selteneren Form der Faszikelbildung gehen die hinteren Äste für den Fasciculus posterior gleich aus den Wurzelstämmen hervor und nicht erst aus den Primärsträngen. Die beschriebenen Anordnungen des Armnervengeflechtes stellen nur ein Schema dar. Von den zahlreichen Abarten sei noch die eine erwähnt, bei

welcher die C. VII-Wurzel keinen selbständigen Truncus medius bildet, sondern sich mit der C. VI-Wurzel verbindet, während die C. V-Wurzel eine kurze Strecke allein bleibt und sich den beiden erst weiter distal zum Fasciculus lateralis anschließt. Die drei Faszikel sind der Plexusendbereich, aus ihnen gehen die peripheren Nerven des Armes hervor: aus dem Fasciculus posterior der N. axillaris und der N. radialis, aus dem Fasciculus lateralis der N. musculocutaneus und die radiale Zinke des N. medianus, aus dem Fasciculus medialis schließlich der N. ulnaris und die ulnare Zinke des N. medianus, sowie der N. cutaneus brachii medialis und der N. cutaneus antebrachii medialis.

Die sogenannten kurzen Zweige des Plexus brachialis sind Seitenäste, die direkt aus den Plexuswurzeln oder den Primärsträngen abzweigen und die Schultergürtelmuskulatur innervieren. Die folgenden Nerven gehören dazu:

Der N. dorsalis scapulae zweigt aus der C. V Wurzel und versorgt die Mm. rhomboidei maior und minor, sowie mit einem Ast den M. levator scapulae.

Der N. thoracicus longus zweigt aus den Wurzeln C. V und C. VI und versorgt den M. serratus lateralis.

Der N. suprascapularis zweigt aus dem oberen Primärstrang und versorgt die Mm. supra spinam und infra spinam.

Die Nn. subscapulares sind drei Äste, die aus verschiedenen Anteilen des Plexus stammen. Der N. subscapularis I zweigt aus den Wurzeln C. V und C. VI und versorgt den M. subscapularis. Der N. subscapularis II zweigt aus dem hinteren Primärstrang und versorgt den M. teres maior und den unteren Anteil des M. subscapularis. Der N. subscapularis III ist der N. thoracodorsalis, er zweigt ebenfalls aus dem Hinteren Primärstrang und versorgt den M. latissimus dorsi.

Der N. subclavius zweigt aus dem oberen Primärstrang und zieht zum M. subclavius.

Die Nn. pectorales anteriores zweigen aus dem Fasciculus lateralis und medialis und versorgen die Mm. pectorales maior und minor. Aus der Funktionstüchtigkeit der genannten Muskeln ergeben sich für die Lokalisation einer Plexusläsion wichtige Hinweise. Ist nämlich einer dieser Muskeln, die immer isoliert untersucht werden müssen, in seiner Funktion geschädigt, so muß die Nervenläsion zentral vom Abgang des diesen Muskel innervierenden Nerven gelegen sein, sie sitzt aber peripher davon, wenn der betreffende Muskel intakt ist. Für diese Untersuchungen hat JANTZEN ein sehr brauchbares Schema entwickelt, in das die Untersuchungsergebnisse eingetragen werden und aus dem der vermutliche Sitz der Plexusläsion dann abgelesen werden kann. In diesem Zusammenhang ist der vom N. subclavius versorgte M. subclavius bedeutungslos, weil er sich isoliert nicht prüfen läßt. Bevor die Plexuswurzeln sich zum Geflecht umordnen, werden über die Rami communicantes Verbindungen zu den Ganglien des Truncus sympathicus hergestellt. Diese anatomischen Verhältnisse erklären das Auftreten eines okulopupillären Syndroms bei Läsionen an den Wurzeln C. VIII und Th. I.

Das Armnervengeflecht hat eine Gesamtausdehnung von etwa 15 bis 20 cm (Skalenusspalte bis Humeruskopf). Die konvergierenden und schräg abwärtslaufenden Nervenfaserbündel ziehen über die erste Rippe und unter dem Schlüsselbein zur A. axillaris, die sich von vorn an den Plexus anlegt, durch den von den beiden Zinken des N. medianus gebildeten Schlitz hindurchtritt und dann hinter dem Plexus zu liegen kommt. Topographisch spricht man von einer Pars supraclavicularis und einer Pars infraclavicularis des Plexus brachialis.

Für die klinische Diagnose der Plexusverletzungen ist es angebracht, zwischen hochsitzenden Läsionen im Wurzelbereich und Faszikelschädigungen zu unterscheiden, nach KÜTTNER Wurzeltyp und Faszikeltyp. Betrachten wir die Ausdehnung einer Verletzung am Armnervengeflecht, so unterteilen wir in totale und partielle Plexusschädigungen. Bei einer Totalschädigung sind alle Stämme des Plexus betroffen, wobei die Läsion in der Regel im Wurzelbereich liegt. Bei Partialschädigungen kennen wir die typischen Formen der oberen Plexusschädigung (Typ Erb-Duchenne), bei Verletzungen der Wurzeln C. V bis C. VII, und der unteren Plexusschädigung (Typ Déjérine-Klumpke), bei Verletzungen der Wurzeln C. VIII und Th. I. Den Begriff der mittleren Plexusschädigung bei isolierter Läsion der Wurzel C. VII lassen wir fallen, weil eine solche Lähmung praktisch nie vorkommt. Alle übrigen Lähmungsbilder sind atypische Formen partieller Plexusschädigungen, zu denen vor allem die Faszikelschädigungen gehören. Mit dieser Einteilung, die wir noch einmal übersichtlich darstellen, läßt sich eine befriedigende Einordnung der untereinander nie gleichen Lähmungsbilder erreichen.

Traumatische Schädigungen des Plexus brachialis

- I. Totale Plexusschädigungen
- II. Partielle Plexusschädigungen

- a) Typische Formen

- 1. obere Plexusschädigungen (Erb-Duchenne)
 - 2. untere Plexusschädigungen (Déjérine-Klumpke)

- b) Atypische Formen
(Faszikelschädigungen)

Grundsätzlich unterscheiden wir zwischen offenen und geschlossenen oder stumpfen Plexusverletzungen. Zu den offenen zählen wir die Schuß-, Stich- und Schnittverletzungen, die vor allem als Kriegsverletzungen vorkommen. Bei unseren Verletzten haben wir es fast ausschließlich mit stumpfen Plexusschädigungen zu tun.

II. AUSWERTUNG DES MATERIALS

Im Berufsgenossenschaftlichen Unfallkrankenhaus Murnau wurden in der Zeit von 1953 bis Anfang 1961 insgesamt 8600 Unfallverletzte stationär behandelt. Darunter fanden sich 64 Verletzte mit traumatischen Schädigungen des Plexus brachialis, das sind etwa 0,74 % des Gesamtkrankengutes. Sogenannte Wurzelreizsymptome am Arm blieben dabei unberücksichtigt. Sie können nach Halswirbelverletzungen auftreten, insbesondere bei einer durch Altersabbau vorgeschädigten Wirbelsäule und führen meist zu vorübergehenden Sensibilitätsstörungen oder zu einer Verminderung der groben Kraft, selten zu Paresen. Ein adäquates Trauma für eine eigentliche Plexusschädigung liegt in solchen Fällen nicht vor.

Die hier zu besprechenden Plexusschädigungen teilen sich in folgender Weise auf:

Totale Plexusschädigungen

a) offene	1 (1,6 %)
b) geschlossene	30 (46,9 %)

Partielle Plexusschädigungen (sämtlich geschlossen)

a) oberer Typ	20 (31,2 %)
b) Faszikelschädigungen	13 (20,3 %)

Aussagen über das Ausmaß einer Nervenschädigung am Armplexus können unmittelbar nach dem Unfall nicht gemacht werden. Erst nach Erholung der nur flüchtig mitgeschädigten Nervenfasern kristallisiert sich die wirkliche Schädigung in einem bestimmten Lähmungsbild heraus, das nach etwa drei oder vier Wochen bestimmt werden kann.

Über unsere Behandlungsmaßnahmen, wie auch über die bei unseren Verletzten durchgeführten Operationen berichten wir später im Zusammenhang. Wir lassen sie im folgenden bei der Beschreibung der klinischen Bilder unerwähnt.

Als Gradmesser für die Beurteilung der Muskelfunktionen wählen wir die Bezeichnungen totale Lähmung, geringe Funktion, eingeschränkte Gebrauchsfähigkeit, gute Gebrauchsfähigkeit und Heilung. Dabei wurde der Zustand des Armes jeweils unmittelbar nach dem Unfall und nach Verstreichen eines halben und eines ganzen Jahres festgehalten. Totale Lähmung bezeichnet eine Bewegungsunfähigkeit des gesamten Armes, beziehungsweise der gesamten Schulter- und Oberarmmuskulatur bei den oberen Plexusschädigungen. Geringe Funktion bedeutet eine unbefriedigende Funktionsrückkehr einzelner Muskeln. Es können keine abgestuften oder koordinierten Bewegungen selbsttätig ausgeführt werden. Praktisch gesehen

kommt einem Arm mit geringer Funktionsfähigkeit nur eine Funktion zu, die keinen echten Gebrauchswert darstellt. Eine eingeschränkte Gebrauchsfähigkeit besitzt ein Arm, wenn er zwar für Arbeiten des täglichen Lebens wieder eingesetzt werden kann, diese aber wegen noch bestehender Bewegungseinschränkungen und verminderter Kraftentwicklung nicht in vollem Umfang verrichten kann. Eine gute Gebrauchsfähigkeit dagegen bezeichnet eine weitgehende Wiederherstellung der Muskelfunktionen ohne stärkere Bewegungseinschränkungen. Da aber die volle Kraft noch nicht wieder zur Verfügung steht oder auch Sensibilitätsstörungen noch bestehen können, sprechen wir nicht von Heilung, die eine praktisch uneingeschränkte Gebrauchsfähigkeit des Armes bedeutet, ohne daß nachweisbare motorische, sensible oder vegetative Restzustände der alten Plexusschädigung zurückgeblieben sind.

1. Totale Plexusschädigungen

Wir besprechen von den 64 Plexusschädigungen in diesem Abschnitt 31 Fälle. Die totalen Plexusschädigungen sind früher in dieser Häufigkeit nicht bekannt gewesen, denn sie sind eine schreckliche Folge des zunehmenden Straßenverkehrs der letzten Jahre. Groß ist auch die Zahl der schwersten Formen totaler Plexusschädigungen überhaupt, der irreparablen Plexuswurzelaustrisse aus dem Rückenmark. Als Ursache der Plexusschädigungen stehen weit im Vordergrund die Motorradunfälle. Ganz allgemein gelten Plexusverletzungen heute als typische Motorradfahrerletzungen. Bereits 1929 wies DEMMER auf Plexusschädigungen hin, die durch Motorradunfälle entstanden waren. SCHÄFER beschrieb 1934 einen totalen Plexusdurchriß bei einem Motorradfahrer und SCHUM 1936 einen totalen Plexusriß. Diese Einzelfälle sind heute keine Seltenheit mehr. Wie wir aus den Angaben der Verletzten erfahren können, lassen sich die Plexusschädigungen durch Motorradunfälle auf typische Unfallmechanismen zurückführen. Der Verunglückte kann mit der Höhe seiner Schulter gegen ein Hindernis anprallen, beispielsweise gegen einen Baum, einen Straßenstein, eine Wand oder ein anderes Fahrzeug, und er kann mit der Schulter auf der Straße aufschlagen, entweder durch Schleuderbewegungen seines Fahrzeuges seitlich mitsamt dem Motorrad (Ausweichmanöver, Glatteis, neue Straße, Kurvenakrobatik, Alkoholeinfluß) oder er wird mit der Schulter voran über den Lenker geschleudert und schlägt dann auf der Straße auf (Kollision mit anderen Fahrzeugen, scharfes Bremsen, Auffahren). Den genauen Hergang solcher Unfälle schildert sehr anschaulich VOLLMAR, der diese beiden Mechanismen als Anprallverletzung (Schulteranprall) und als Aufschlagverletzung (Schulteraufschlag) bezeichnet. Das entscheidende ist nun, daß im Augenblick des Schulteranpralls oder des Schulteraufschlages Arm und Schulter ruckartig und mit großer Gewalt nach unten und hinten gezerrt werden und es gleichzeitig zu einer ebenso ruckartigen reflektorischen Abkehr des Kopfes von der verletzten Schulter kommt, einer Drehung und Seitbeugung des Kopfes zur Gegenseite. Diese mit brutaler Gewalt erwirkte abrupte Verzerrung von Schulter

und Kopf läßt das Armnervengeflecht für einen kurzen Augenblick plötzlich in extremste Anspannung geraten. Die Schädigungsgrade am Nervenkebel reichen von der Überdehnung bis zum Durchriß und intraduralen Plexusriß. Zwar sind die Nervenwurzeln an der Dura und an den Intervertebrallöchern durch periradikuläre und epineurale Umscheidungen fixiert, die den Zugwirkungen an den interneningealen Wurzelanteilen entgegenwirken, welche schon bei normalen Beuge- und Streckbewegungen der Halswirbelsäule erheblich sein sollen (FRYKHOLM), diese physiologischen Sicherungen halten jedoch der geschilderten extremen Anspannung durch das Unfallgeschehen nicht stand, die Plexuswurzeln zerreißen mitsamt dem Halteapparat oder reißen aus dem Rückenmark ganz heraus. Die starke Zugwirkung erschöpft sich offenbar mit dem Ausriß, zu einer Rückenmarksbeteiligung kommt es nach RÖTTGEN fast nie.

In Tab. I sind Schulteranprall und Schulteraufschlag bei Motorradunfällen - soweit das Unfallereignis rekonstruiert werden konnte - getrennt aufgeführt. Zweimal blieb der Unfallmechanismus unklar.

Bei Kollisionsunfällen erscheinen ein Schulteranprall wie ein Schulteraufschlag möglich oder auch beide Mechanismen gleichzeitig. Es handelte sich hier um Motorradfahrer, die mit anderen Fahrzeugen kollidierten, gegen sie anprallten oder von ihnen erfaßt und fortgeschleudert wurden. Auch diese Unfälle vollzogen sich nach dem Prinzip des Schulteranpralls oder Schulteraufschlages. Operationsbefunde haben für den Schulteranprall, vor allem aber für die Schlagverletzungen des Plexus noch einen weiteren Verletzungsmechanismus finden lassen. STAHL hatte als erster Läsionen an den Nervenwurzeln des Plexus

Tab. I Unfallursache bei 31 totalen Schädigungen
des Plexus brachialis

	Fälle	insgesamt
Motorradunfall		
Kollision	12	
Schulteranprall	5	24 (77,3 %)
Schulteraufschlag	5	
unklar	2	
Sturzunfall	3	3 (9,7 %)
Schlagverletzungen		
offene	1	2 (6,5 %)
stumpfe	1	
Transmissionsunfall	2	2 (6,5 %)

beobachtet, die lateral ihrer Austrittsstelle aus der Dura lagen. Die Nervenstränge waren nicht völlig durchtrennt, sondern auf ihrer Unterlage, dem Sulcus nervi spinalis der Halswirbelquerfortsätze zerquetscht. Daraus mußte man folgern, daß im Bereich des seitlichen Halsdreiecks eine Gewalt einwirkte, die von oben und außen in Richtung auf die Wirbelsäule und unten verlief und die Plexuswurzeln über die Knochenspannen gezerrt und durchquetscht oder ausgewalzt hatte. Daß diese Schädigungsformen nicht durch Zug am Arm, also nicht allein durch Anspannung des Nervengeflechtes entstanden waren, bewiesen Mitschädigungen der Wurzeln C. III und C. IV und damit auch von Anteilen der Radix spinalis des N. accessorius, die bei Plexusläsionen durch Zug an Schulter und Arm nie mitbetroffen sein können (STAHL). Wenn die Gewalteinwirkung bei den Schultertraumen den Plexus genügend weit medial im seitlichen Halsdreieck trifft, sind die eben dargestellten Verletzungen möglich; durchaus denkbar sind sie bei den stumpfen Schlagverletzungen. Bei der in Tab. I aufgeführten stumpfen Schlagverletzung schlug einem Zimmermann ein schwerer Holzbalken von oben auf die Schulter und die offene Schlagverletzung - die einzige offene Plexusschädigung überhaupt - kam durch einen fortgeschleuderten Scheibenfräser zustande, der oberhalb des Schlüsselbeines eine tiefe Schnittwunde verursachte und sämtliche Nervenkel in Höhe der Primärstränge durchtrennte. Plexusverletzungen durch Transmissionsunfälle waren früher schon bekannt (BLEISCH, HEIDRICH, KÜTTNER) und galten als sehr schwere Schädigungen. Bei einem solchen Unfall gerät der Arm zwischen Treibriemen und Riemenscheibe (es braucht nur der Jackenärmel erfaßt zu werden !) und wird mit Gewalt bis zur Schulter in die Maschine hineingezogen. Durch Zug am Arm und Schulter und reflektorische Kopfabkehr kommt es auch hier zu einer maximalen Anspannung des Armnervengeflechtes und zu seiner Verletzung. Unter unseren Verletzten fanden sich zwei, die solche Transmissionsunfälle erlitten.

Eine Abhängigkeit zwischen Unfallmechanismus, Verletzungsausmaß und Wiederherstellungsgrad der Lähmungen am Arm ließ sich nicht finden. Irreparable Plexusschädigungen sind nicht allein bei schweren Motorradunfällen möglich, sondern auch bei einer Schlagverletzung oder einem Sturzunfall. Ausschlaggebend ist die schädigende Gewalteinwirkung und die Heftigkeit der Abwehrreaktion. Die einzelnen Plexusanteile sind nicht immer gleich stark geschädigt, vor allem bleiben die unteren Wurzeln wegen ihrer besser geschützten Lage und ihres anatomisch günstigeren Verlaufes häufig von stärkerer Verletzung verschont. Bleiben sie völlig unverletzt, haben wir das Bild einer oberen Plexusschädigung.

Über die Art der Nervenschädigung am Plexus lassen sich ohne operative Intervention keine Angaben machen. Für die Diagnose eines Wurzelaustrisses bietet sich die Pantopaque-Myelographie an (DECKER, LESTER, WIEDEMANN). Liegen Ausrißverletzungen vor, so lassen sich röntgenologisch in manchen Fällen ausgeweitete Wurzelaschen, die traumatischen Meningozelen entsprechen, oder auch Füllungsdefekte am Wurzelabgang nachweisen. Auf diese Weise können irreparable Plexusausrisse frühzeitig erkannt werden. Dies ist wichtig, um erfolglose Operationen zu

vermeiden und den Verletzten von Anbeginn auf die beruflichen Konsequenzen, die sich für ihn aus einem solchen Befund ergeben, vorzubereiten. In diesem Zusammenhang sei erwähnt, daß in vielen Fällen bei Wurzelausrissen Druckerhöhungen im Liquorraum gemessen wurden (ROHR). Wenn es später zu lokalen arachnoidalen Verklebungen kam, wurden auch hierfür typische lumbale Liquorveränderungen nachweisbar mit Eiweißvermehrung und tiefen Ausfällungen in der Liquorkurve (RÖTTGEN).

Tab. II Häufigkeit der Nebenverletzungen bei 31 totalen Schädigungen des Plexus brachialis

Nebenverletzungen	Häufigkeit	%
Commotio cerebri	19	
Contusio cerebri	4	Kopf
Schädelfraktur	4	87 %
Schulterprellung	2	
Scapulafraktur	5	
Claviculafraktur	4	Schulter-Arm
Humerusfraktur	5	84 %
Radiusfraktur	7	
Ulnafraktur	3	
Handgelenksluxation	2	Hand
Mittelhandfraktur	4	19 %
Fraktur der 1. Rippe	3	Rumpf
Rippenserienfraktur	2	23 %
Thoraxkontusion	1	
Wirbelkörperfraktur	1	
Oberschenkelfraktur	4	
Unterschenkelfraktur	1	unt. Extr.
Mittelfußfraktur	3	26 %
schwere Weichteilverl.	6	19 %
ohne Nebenverletzungen	2	6 %

Die Nebenverletzungen bei den totalen Plexusschädigungen sind zahlreich und auf alle Körperregionen verteilt (Tab. II auf S. 12). Weit voran stehen die Kopfverletzungen und Verletzungen im Bereich der Schulter und des Armes. Das sind deutliche Hinweise für die Brutalität des Unfallgeschehens. Dreimal war es zu einer Fraktur der plexusverletzten Seite gekommen. WASCHULEWSKI wies auf diesen Zusammenhang hin und stellte fest, daß Fraktur und Plexusschädigung durch denselben Verletzungsmechanismus entstehen. Die ruckartige Bewegung der Schulter und des Armes nach unten und hinten bei gleichzeitiger Drehung und Neigung des Kopfes zur Gegenseite, die das Armnervengeflecht in eine plötzliche Anspannung geraten lassen, führen zu einer ebensolchen abrupten Anspannung der Mm. scaleni ventralis und medialis.

Ersterer Muskel inseriert am Tuberculum m. scaleni der ersten Rippe, letzterer dorsal vom Sulcus s. subclaviae auf der Oberfläche der ersten Rippe. Dieser Teil der ersten Rippe wird durch die gemeinsame Kraft der beiden Muskeln nach kranial gerissen, während die Interkostalmuskeln als gegengerichtete Kraft das sternale Ende der ersten Rippe nach kaudal ziehen oder fixieren. Auf diese Weise ist eine Fraktur der ersten Rippe möglich, allerdings nur bei extrem einwirkenden Kräften. Einem direkten Trauma ist die erste Rippe wegen ihrer geschützten Lage kaum ausgesetzt. Die drei angegebenen Fälle sind bei dem beschriebenen Mechanismus als sogenannte Muskelzugfrakturen zu verstehen. Ursächlich ebenso zu verstehen sind Abbrüche der Halswirbelquerfortsätze, die die Ursprungsorte der Mm. scaleni sind. Solche Mitverletzungen sind von ROHR beschrieben worden. Es ist aber auch durchaus möglich, daß sie durch direkte Gewalteinwirkung, besonders durch Schlagverletzungen entstehen können.

Das Bild der motorischen Ausfälle ist bei den totalen Plexusschädigungen ziemlich eindeutig. Die Lähmungen erfassen die gesamte Schulter- und Armmuskulatur. Die direkte faradische und galvanische Erregbarkeit ist zunächst meist nicht verändert. Erst nach Wochen erlischt die faradische Reizung und die galvanische geht in die träge, wurmförmige Zuckung über. Die Zuckungsformel braucht bei kompletter Entartungsreaktion (EaR) nicht regelmäßig umgekehrt zu sein. Komplette und partielle EaR finden sich häufig nebeneinander als Zeichen unterschiedlicher Verletzungen der einzelnen Plexusanteile. Bessere Kontrollwerte für den Funktionszustand der Muskeln ergibt die Elektromyographie, die elektrische Potentialdifferenzen des Muskels aufzeichnet. Sie hat den großen Vorteil, daß sie nicht wie die elektrische Reizung mit ihren Werten nachhinkt, sondern wiedereintretende Regenerationen schon vor Einsetzen der Funktion anzeigt.

Myographische Untersuchungen wurden bei unseren Verletzten nicht durchgeführt.

Von unseren 31 Verletzten mit totalen Plexusschädigungen zeigten bis auf zwei alle anderen unmittelbar nach dem Unfall totale schlaffe Paresen an Schulter und Arm. Bei einem war die Fähigkeit einer geringfügigen Fingerbeugung erhalten geblieben. Daraus resultierte nach sechs Monaten die Möglichkeit eines recht guten

Faustschlusses. Nach acht Monaten wurden auch das Opponieren des Daumens möglich und die Fingerstreckung sowie eine nicht ganz bis zum rechten Winkel reichende Beugung im Ellbogengelenk. Damit war die Regenerationsfähigkeit in ihrer Kontinuität erhalten gebliebener Nervenfasern erschöpft, der Befund blieb nach einem Jahr und nach zwei Jahren unverändert. Immerhin wurden Funktionen wiedergewonnen, die eine eingeschränkte Gebrauchsfähigkeit des Armes bedeuteten, selbst wenn im Schultergelenk keine entscheidende Beweglichkeit erreicht wurde. Der andere Verletzte konnte ebenfalls gleich nach dem Unfall die Finger leicht beugen, auch eine geringgradige, fast nur angedeutete Streckung war möglich. In den späteren Befunden nach einem halben und einem Jahr zeigte dieses ursprünglich total gestörte Armnervengeflecht eine zunehmende Regenerationsfähigkeit. Es kam zu einem recht guten, wenn auch nicht sehr kräftigen Faustschluß, und es gelangen das Opponieren des Daumens, das Spreizen und Zusammenführen der Finger, Fingerstreckung und leichte Drehbewegungen des Unterarmes. Ebenso hatten sich auch am Oberarm Innervationsmöglichkeiten herausgebildet. Von den 29 Verletzten mit vollständigen Lähmungen gleich nach dem Unfall zeigten nach sechs Monaten noch 18 totale Paresen an Schulter und Arm und nach einem Jahr noch 14. Die Tab. III veranschaulicht diese Befunde in den verschiedenen zeitlichen Abständen vom Unfallereignis.

Tab. III Motorische Funktionsbefunde bei 31 totalen Plexus-schädigungen

	totale Lähmung	anged.Fkt.	eing.Gebf.
nach dem Unfall	29 (93,6 %)	2 (6,3 %)	-
nach 6 Monaten	18 (58,1 %)	10 (32,3 %)	3 (9,7 %)
nach 12 Monaten	14 (45,2 %)	12 (38,7 %)	5 (16,1 %)

Daraus ergibt sich weiter, daß im Verlauf der ersten sechs Monate aus den anfänglichen Totalparesen bei 10 Verletzten angedeutete oder geringe Funktionen einzelner Muskelgruppen entstanden waren. Diese angedeuteten Teilfunktionen verliehen keine Gebrauchsfähigkeit und beschränkten sich fünfmal auf Bewegungsmöglichkeiten im Finger-Handbereich (Beugung und Streckung im Handgelenk oder eines oder mehrerer Finger), dreimal auf Bewegungsmöglichkeiten am Unterarm und an der Hand sowie auch am Oberarm (Beugung im Ellenbogen, Abduktion in der Schulter) und zweimal auf geringe Bewegungsmöglichkeiten der Schulter- und Oberarmmuskulatur allein.

Hier handelte es sich in einem Fall um die offene Plexusverletzung und das Ergebnis einer Sofortnaht. Bei 8 Verletzten kam es zu keiner weiteren Besserung mehr,

so daß diese unbefriedigenden Befunde nach zwölf Monaten und nach zwei Jahren unverändert bestehen blieben. Nur bei 2 Verletzten schritten Regeneration und Kräftigung der im ersten Halbjahr gewonnenen Funktionen im zweiten Halbjahr fort. Beide erlangten schließlich eingeschränkt gebrauchsfähige Handfunktionen, geringe Beugemöglichkeiten im Ellenbogengelenk und in einem Fall sogar Abduktionsbewegungen an der Schulter. Diese beiden eben erwähnten Verletzten zeigten nach einem Jahr die relativ günstigsten Ergebnisse der muskulären Wiederherstellung zusammen mit den beiden zuerst genannten Verletzten, die bereits nach dem Unfall geringe Bewegungsmöglichkeiten an der Hand aufwiesen, welche sich dann relativ schnell im Verlaufe des ersten Halbjahres zu einer leidlichen Gebrauchs-fähigkeit herangebildet hatten. Hinzu kommt noch eine fünfte Plexusschädigung, die zunächst zwar totale Lähmungen am gesamten Arm aufwies, nach vier Wochen aber eine stetig fortschreitende Regenerationsfähigkeit erkennen ließ und gleichfalls bereits nach sechs Monaten gute Funktionen an der Hand und am Unterarm erlangte.

So können wir nur von 5 Verletzten berichten, bei denen nach totalen Armplexusschädigungen im Verlaufe eines Jahres eingeschränkt gebrauchsfähige Muskelfunktionen wiedergewonnen wurden. Alle Verletzten zeigten bei den Nachuntersuchungen die Möglichkeit des Faustschlusses und der Daumenopposition, so daß Gegenstände gefaßt und gehalten werden konnten. Die Fingerstreckung und Dorsalflexion im Handgelenk waren in einem Fall nur angedeutet möglich, bei den anderen ebenfalls gut. Die Beugung im Ellenbogengelenk gelang keinem über 90 Grad, die aktive Streckung blieb bei allen sehr schwach. Schulterbewegungen wurden meist nur kompensatorisch mit den Schulterhilfsmuskeln ausgeführt, nur einmal kam es zu einer bescheidenen Funktionsrückkehr des M. deltoideus.

Bei 4 Verletzten kam es erst im zweiten Halbjahr zum Ansatz einer nachweislichen Funktionsrückkehr einzelner Muskeln, sie erreichte in der Folgezeit aber bei keinem einen annähernden Gebrauchswert. Die mühevoll hervorgebrachten Muskelanspannungen an der Hand oder am Oberarm blieben kraftlos und ohne jeglichen Nutzen für den Verletzten.

Zusammenfassend betrachtet zeigten sich günstige Ergebnisse bei frühzeitig einsetzender und fortschreitender spontaner Nervenregeneration, die bereits im ersten Halbjahr gute Muskelfunktionen zurückentwickelte, und wenn muskuläre Restfunktionen bei geringerem Trauma erhalten geblieben waren und daher Regenerationsvorgänge sofort einsetzen konnten. Lähmungen, die sich im ersten Halbjahr nur zu angedeuteten Funktionen zurückbildeten, zeigten in der Mehrzahl der Fälle später keine Besserung mehr.

Nur bei zwei von zehn Verletzten entwickelten sich später doch noch gute Teilfunktionen. Lähmungen, die erst im zweiten Halbjahr eine angedeutete Regenerationstendenz erkennen ließen, erlangten auch nach zwei und drei Jahren keine brauchbaren Funktionen mehr.

Die Muskelatropie des total gelähmten Armes war in allen Fällen hochgradig und erreichte bei einigen extreme Werte. Die Tab. IV gibt darüber Auskunft. Auch bei den wenigen, die wieder gute Muskelfunktionen zurückerlangten, blieben starke Muskelverschmächtingen zurück, besonders im Bereich des Oberarmes und der Schulter.

Tab. IV. Durchschnittliche Umfangsdifferenzen in cm bei fortschreitenden Muskelatropien im Vergleich zur unverletzten Seite

	nach 1/2 Jahr	nach 1 Jahr	nach 2 Jahren	nach 3 Jahren	größter Wert
Schultergelenk	2,0	2,5	5,0	6,5	8,0
Oberarm	4,0	5,5	7,0	8,0	9,5
Ellenbogengelenk	1,0	2,0	3,0	3,0	4,0
Unterarm	4,0	5,0	7,0	7,0	8,0
Handgelenk	1,0	1,0	1,0	1,5	2,0
Handrücken ohne Daumen	3,0	3,5	4,0	4,0	5,0

Ein sehr typisches Phänomen bei hochsitzenden totalen Plexusschädigungen ist der sogenannte Hornerische Symptomenkomplex auf der Seite des verletzten Armes. Dieses okulopupilläre Syndrom entsteht durch eine Verletzung der aus den Segmenten C. VIII und Th. I stammenden Sympathikusfasern. Geschehen kann dies durch einen Wurzelaustritt aus dem Rückenmark oder andere Wurzelschädigungen oberhalb des Abganges der Rami communicantes. Es kommt zu einer Lähmung der Mm. tarseus und dilatator pupillae, sowie des glatten Orbitalmuskels und damit zur Ptosis, Miosis und zum Enophthalmus mit verminderter Bulbusspannung. Bei fast der Hälfte der Verletzten ließen sich diese drei Symptome mehr oder weniger deutlich ausgeprägt nachweisen. Etwa ein Viertel zeigte den Hornerischen Symptomenkomplex unvollständig. Es fehlte der Enophthalmus, bei einigen zusätzlich auch die Pupillenverengung oder das herabhängende Oberlid.

Nur 29 % der Verletzten wiesen keine typischen Veränderungen auf. Es waren jene, die auch in motorischer Hinsicht, insbesondere im Bereich des Unterarmes und der Hand, die relativ günstigsten Ergebnisse zeigten. Über die große Häufigkeit des okulopupillären Syndroms bei totalen Plexuslähmungen gibt die

Tab. V Auskunft. Nur einmal sahen wir einen vollständigen Rückgang der drei Symptome.

Die Sensibilitätsstörungen betrafen bei fast allen Verletzten den Unterarm-Hand-Bereich mit einer Anaesthesie vom Ellenbogen abwärts. In sehr vereinzeltten Fällen war die Berührungsempfindung in kleinen Bereichen am Handrücken oder an der Handinnenfläche nur herabgesetzt oder auch erhalten geblieben. Bei etwa 60 % der Verletzten war am gesamten Arm das Empfindungsvermögen erloschen. Die Hautfelder, die von den aus dem Segment C₄ IV stammenden Nn. supraclaviculares versorgt werden, über dem vorderen Anteil des Deltamuskels, über den oberen Anteilen des Brustmuskels und über dem Akromion, wiesen in der Regel keine sensiblen Störungen auf. Am Oberarm war fast immer der Bereich des N. cutaneus brachii lateralis (N. axillaris) mitbetroffen, erhalten geblieben häufiger der N. cutaneus brachii medialis. Zu einer Normalisierung des Empfindungsvermögens kam es bei keinem, auch nicht bei den Verletzten mit guten motorischen Restitutionen.

12 Verletzte gaben sensible Reizerscheinungen in Form von Hyperaesthesien oder Paraesthesien an, sie wurden lokalisiert am Handrücken, im Bereich der ganzen Hand und an den Fingern, am Oberarm oder am ganzen Arm.

Teilweise ganz erheblich waren vasomotorische und trophische Störungen an den Fingern, an der Hand oder am Unterarm. Je ausgeprägter und vollständiger die Lähmungen, desto ausgedehnter und unbeeinflussbarer auch die vegetativen Störungen. Vor allem bei den irreparablen Lähmungen fanden sich Durchblutungsstörungen mit livider Verfärbung der Haut, Handrückenödemem - besonders beim Herabhängenlassen des Armes - mit allgemeiner Kühle der Extremität, Ulcerationen und Verbrennungswunden, außerdem brüchige oder abgestoßene Fingernägel und Sekretionsanomalien der Haut, schließlich Gelenkversteifungen und Kontrakturen.

16 Verletzte, das sind 52 %, klagten im ersten halben Jahr nach dem Unfall über Kausalgien. Die Kausalgie ist eine vegetativ-nervöse Regulationsstörung und äußert sich in qualvollen Schmerzen, die spontan auftreten oder durch geringste Reize, manchmal sogar akustische oder optische, ausgelöst werden können. Die Schmerzen waren nie auf das Ausbreitungsgebiet eines bestimmten Nerven beschränkt, siebenmal erfaßten sie den ganzen Arm von der Schulter bis zu den Fingerspitzen, neunmal den Unterarm-Handbereich. Immer aber bestanden gleichzeitig trophische und vasomotorische Störungen, teilweise auch mit Muskelatrophien und Gelenkversteifungen verbunden. Der Schmerzcharakter der Kausalgie wurde als brennend, bohrend, stechend, reißend, ziehend oder zuckend bezeichnet, stoßweise auftretend, elektrisierend einschließend oder als Dauerschmerz verharrend. Dreizehnmal konnte der Zustand mit konservativen Mitteln gebessert werden, dreimal mußte wegen unerträglich gewordener Schmerzen operiert werden. Nach zwei Jahren bestanden noch bei neun Verletzten Schmerzen

leichterer Art, bei den übrigen waren sie allmählich völlig abgeklungen. Nur etwa ein Viertel der Verletzten klagte über keine Schmerzen am Arm, ein etwa genau so großer Anteil gab anhaltende oder wechselnd starke Schulterschmerzen an, Fingerschmerzen, allgemeine Gelenkschmerzen, schmerzhaftes Schweregefühl des Armes beim Herabhängenlassen oder eine stärkere Druckempfindlichkeit am Erbschen Punkt.

Bei 3 Verletzten (10 %), die irreparable Plexusschädigungen erlitten, war es zu Phantomschmerzen gekommen. Bei einem Verletzten schwanden die Beschwerden nach einer wegen trophischer Störungen und Verbrennungswunden notwendig gewordenen Oberarmamputation. Bei dem zweiten verloren sich die Beschwerden im Verlaufe eines Jahres. Bei dem dritten wurde der Phantomschmerz durch eine cervikale Sympathektomie, die wegen der gleichzeitig bestehenden schweren Kausalgie durchgeführt wurde, zunächst zwar mitbeseitigt, die Störungen traten aber nach vier Wochen wieder auf, jedoch ohne den Verletzten durch Schmerzen zu belästigen.

2. Obere Plexusschädigungen

Wir besprechen von den 64 Plexusschädigungen in diesem Abschnitt 20 Fälle. Eine obere Plexusschädigung, der Typ Erb-Duchenne, entsteht durch den gleichen Unfallmechanismus wie eine totale Plexusschädigung.

Das typische Lähmungsbild mit einer funktionslosen Muskulatur des Schultergürtels und Oberarmes und weitgehend intakten Unterarm-Handfunktionen weist auf eine Schädigung des oberen Plexusanteiles, meistens der Wurzel C. V bis C. VII. Die geschütztere Lage und der günstigere Verlauf der unteren Plexuswurzeln bedeuten bei den typischen, aber weniger heftigen Traumen, die den Plexus nicht in die extremsten Grade der Anspannung bringen, einen entscheidenden Vorteil. Zwar nehmen wir als Ursache für obere Plexuslähmungen geringere Traumen an, trotzdem sind diese aber durchaus imstande, irreparable Schäden zu setzen. Es kommen obere Wurzelausrisse vor, ohne daß motorische Ausfälle im Unterarm-Handbereich nachweisbar werden. Für das Zustandekommen der Lähmungen dürften auch hier die Richtung der Gewalteinwirkung und die Art des Abwehrreflexes ausschlaggebend sein.

Die Motorradunfälle stehen, wie Tab. VI zeigt, mit 65 % aller Unfälle wieder weit voran. Wir haben darunter auch drei Fahrradunfälle gezählt, die sich nach dem gleichen Mechanismus wie die Moped- und Motorradunfälle ereigneten. Die wesentlich geringere Geschwindigkeit der Radfahrer dürfte hinweisend sein auf eine geringere Gewalteinwirkung und damit nur partielle Schädigung des Plexus. In diesem Zusammenhang ist interessant zu erfahren, daß die Hälfte der Motorradfahrer nachweislich nicht mit überhöhter Geschwindigkeit zur Zeit des Unfallgeschehens gefahren war, was bei der überwiegenden Zahl der Verletzten mit totalen Plexusschädigungen nach deren Angaben der Fall gewesen war.

Tab. VI Unfallursache bei 20 Schädigungen des oberen Plexus brachialis

	Fälle	insgesamt
Motor- und Fahrradunfall		
Kollision	5	
Schulteranprall	2	13 (65 %)
Schulteraufschlag	6	
Sturzunfall		
Angefahren	1	
Schulteranprall	1	3 (15 %)
Schulteraufschlag	1	
stumpfe Schlagverl.	3	3 (15 %)
Transmissionsunfall	1	1 (5 %)

BÖHLER bezeichnet den Schulteraufschlag als den typischen Unfallmechanismus einer oberen Plexuslähmung, da beim Aufschlagen der vorderen Schulterpartie mit gleichzeitigem Zug des Armes nach unten und hinten und ruckartiger Kopfdreh- und Seitbewegung zur anderen Seite die oberen Plexuswurzeln am schärfsten angespannt werden. Das ist sicher richtig, wir sind aber darüber hinaus der Meinung, daß bei übermäßig starker Gewalteinwirkung dieser Mechanismus auch die unteren Wurzeln schädigt und dann - wie wir im vorigen Abschnitt gesehen haben - zum Bilde der totalen Plexuslähmung führt. Denn auch die Anspannungsfähigkeit der unteren Wurzeln hat eine Grenze, die bei den heutigen schweren Verkehrsunfällen mit ungeheuren Gewalteinwirkungen leicht überschritten werden kann.

Unter dem Begriff Sturzunfall haben wir Unfälle Nichtmotorisierter zusammengefaßt. Auch diese Unfälle geschahen nach dem Prinzip des Schulteranpralles (Sturz von einer Böschung und Gegenschlagen der Schulter an einen Fels) oder des Schulteraufschlages (Sturz von einem Wagen und Aufschlagen mit Schulter und Arm am Boden), beziehungsweise durch eine Kombination von beiden (im Straßenverkehr als Fußgänger angefahren und zu Boden geschleudert worden, etwa vergleichbar dem Kollisionsunfall bei den Motorradfahrern). Über die Gewalteinwirkung bei stumpfen Schlagverletzungen hatten wir bereits gesprochen. Das Trauma kann, von oben außen in Richtung auf die Wirbelsäule verlaufend, den Plexus im seitlichen Halsdreieck treffen und die weniger geschützten oberen Wurzeln über die Wirbelquerfortsätze zerren oder auf ihnen zerquetschen (STAHL), während die

unteren Wurzeln verschont bleiben. Bei einem Verletzten ließen sich Spuren einer solchen möglichen Verletzungsart nachweisen: im Bereich des medialen Winkels des rechten seitlichen Halsdreieckes über dem Relief des M. omohyoideus, wohin ein Stahlrahmen geschlagen war, fand sich eine Rißwunde mit der Haut. Möglich ist aber auch eine Schlagverletzung nach dem Prinzip des Schulteranpralles, wenn die Schulter durch einen auf sie herabstürzenden Balken (1 Fall) oder eine umstürzende Eisenstange (1 Fall) plötzlich mit großer Gewalt nach unten und hinten-gestoßen wird und dadurch bei gleichzeitiger ruckartiger Kopfbewegung zur anderen Seite der Plexus angespannt wird und dann im Bereich der stärksten Anspannung, also im oberen Anteil, geschädigt wird oder unter besonders unglücklichen Umständen ausreißt. Bei einem Verletzten finden wir auch das Prinzip des Transmissionsunfalles wieder: Ein Eisenbahner blieb mit seiner rechten Hand an einer plötzlich anfahrenden Lok hängen, wobei der Arm in der Schulter extrem nach hinten gezerrt wurde.

Ebenfalls Ausdruck eines sicher weniger gewaltvollen Unfallgeschehens ist die deutlich geringere Anzahl der Begleitverletzungen (Tab. VII) im Vergleich zu denen bei totalen Plexusschädigungen. Bei diesen trugen 87 % der Verletzten Kopfverletzungen davon, jetzt sind es nur noch 65 %. Mit 70 % liegt die Zahl der Nebenverletzungen im Bereich der Schulter und des Armes der plexusverletzten Seite zwar noch recht hoch, aber auch wieder deutlich unter den 84 % bei totalen Plexusschädigungen. Auch die Verletzungen an der Hand sind weniger geworden. Die übrigen Körperregionen waren etwa mit gleicher Häufigkeit betroffen. Auch der prozentuale Anteil derjenigen ohne Nebenverletzungen war bei totaler und oberer Plexusschädigung praktisch gleich. Eine Fraktur der ersten Rippe wurde diesmal nicht gefunden, wohl auch ein Zeichen geringerer Gewalteinwirkung während des Unfallgeschehens.

Wir müssen in diesem Zusammenhang auf die seltene Möglichkeit einer Quetschverletzung des Plexus zwischen Clavicula und erster Rippe zu sprechen kommen. KÜTTNER wies bereits auf solche Kompressionsverletzungen oberer Plexusanteile hin. STAHL bestritt eine solche Verletzungsmöglichkeit, da er den Spalt zwischen erster Rippe und Clavicula für zu weit hielt. Später jedoch konnte BADER durch experimentelle Untersuchungen beweisen, daß es bei einem plötzlichen extremen Hochreißen der Arme tatsächlich zu einer erheblichen Verringerung des Abstandes zwischen erster Rippe und Schlüsselbein kommt. Der in Ruhestellung messende Abstand von 2 bis 3 cm verkürzte sich im Augenblick eines entsprechenden Unfallmechanismus ruckartig auf 0,5 bis 0,8 cm, dabei könne es gelegentlich zu einer sogenannten "Guillotiniierung" des Armnervengeflechtes kommen, am meisten gefährdet seien die Wurzeln C. V und C. VI. Möglicherweise beruht auch die sogenannte Klimmzuglähmung auf einem solchen Mechanismus, wobei die Verringerung der Knochenabstände allein durch Muskelkraft erreicht wird. Bei unseren Verletzten haben wir solche Verletzungsmechanismen nicht beobachtet.

Tab. VII Häufigkeit der Nebenverletzungen bei
20 Schädigungen des oberen Plexus brachialis

Nebenverletzungen	Häufigkeit	%
Commotio cerebri	9	Kopf 65 %
Contusio cerebri	1	
Schädelfraktur		
Schulterprellung	3	Schulter-Arm 70 %
Oberarmkopfluxation	2	
Scapulafraktur	2	
Claviculafraktur	3	
Humerusfraktur	1	
Radiusfraktur	3	
Mittelhandfraktur	1	Hand 5 %
Rippenserienfraktur	1	Rumpf 20 %
Thoraxkontusion	1	
Wirbelfraktur	1	
Beckenfraktur	1	
Oberschenkelfraktur	2	unt. Extr. 30 %
Unterschenkelfraktur	3	
Sprunggelenkfraktur	1	
schwere Weichteilverl.	3	15 %
ohne Nebenverletzungen	1	5 %

Als Hinweis, daß Plexusverletzungen nicht sofort beurteilt werden können, darf gelten, daß bei 9 von unseren 20 Verletzten zunächst totale Armlähmungen vorlagen und nur bei 2 die Unterarm-Handfunktionen unmittelbar nach dem Unfall intakt waren. Bei 2 Verletzten waren anfangs zusätzlich zur Lähmung im Schulter-Oberarmbereich Fingerbeugung und Volarflexion der Hand ausgefallen und bei einem Verletzten Fingerstreckung und Dorsalflexion der Hand. Von 5 Verletzten ließen sich über die Lähmungsbilder unmittelbar nach dem Unfall keine verwertbaren Angaben finden. Bei einem Verletzten war es infolge Durchtrennung des N. radialis durch Schnittverletzung am Unterarm zu einer peripheren

Radialislähmung gekommen, die bei der Besprechung von Plexusverletzungen jedoch nicht interessiert. Die Lähmungsbilder der frisch Unfallverletzten waren also auch hier zunächst ganz unklar und sagten nichts aus über das Ausmaß der tatsächlichen Schädigung oder gar über einen bestimmten Lähmungstyp.

Zwar wird der Armplexus durch die Eigenart des Unfallmechanismus an einer bestimmten Prädilektionsstelle *verletzt*, er wird aber immer als ein Ganzes *traumatisiert*, durch die unterschiedliche anatomische Lage der einzelnen Anteile eben nur verschieden stark. Zunächst bestehende Lähmungen im Bereich des Unterarmes und der Hand bei Schädigungen, die nur zwei oder drei obere Wurzeln des Plexus betreffen, sind somit erklärbar. Wir sprechen von *flüchtigen Mitschädigungen*, denn sie bilden sich frühzeitig, nämlich im Verlauf der ersten Wochen zurück. Es handelt sich bei ihnen um vorübergehende Irritationen von Nervensträngen ohne anatomisch erkennbare Schädigung der Nervensubstanz, entstanden durch Anspannung, Dehnung oder Druck. Endgültige Aussagen über eine Plexusschädigung können erst nach Rückbildung dieser das Bild anfangs verschleiern den Mitschädigungen, die man als solche natürlich nur rückschauend erkennen kann, gemacht werden. Eine mehr oder weniger deutliche Kraftminderung im Unterarm-Handbereich läßt sich allerdings fast immer nachweisen, zumindest solange an der Schulter und am Oberarm die alte Funktionsfähigkeit nicht wiedererlangt wird. Die Ursache dafür liegt in der Tatsache, daß für die Unterarm-Handmuskulatur Segmentbezüge auch aus den oberen Wurzeln, besonders C. VI und C. VII, bestehen, deren Ausfälle wohl nicht vollständig kompensiert werden können. Das gilt besonders für die Radialis- und auch für die Medianusmuskulatur, während die Ulnarismuskulatur fast ausschließlich aus den unteren Plexussegmenten versorgt wird. Im übrigen scheint für eine kraftvolle Funktion im Unterarm-Handbereich eine intakte Funktion im Schulter-Oberarmbereich einfach Voraussetzung zu sein.

Der früheste Zeitpunkt einer spontanen Rückbildung von Mitverletzungen im Bereich des Unterarmes und der Hand war der dritte Tag, der späteste lag in der vierten Woche. Nach dieser Zeit waren bei keinem Verletzten mehr totale Armlähmungen nachweisbar. Frühzeitige spontane Regenerationen kamen auch im Schulter-Oberarmbereich vor. Sie betrafen in erster Linie das Innervationsgebiet der kurzen Nervenäste für den Schultergürtel, die durch ihren hohen Abgang aus den Wurzeln oder Hauptstämmen des Plexus bei weiter distal gelegenen Schädigungen verschont bleiben können. An den Mm. pectoralis, latissimus dorsi, serratus lateralis und rhomboidei beobachteten wir frühzeitiges Wiedereintreten der Funktion. Dreimal war der M. pectoralis maior völlig unverletzt geblieben, zweimal der M. serratus lateralis. Der M. trapezius und der M. levator scapulae blieben bei allen Verletzungen ungeschädigt.

Am Unterarm blieben in einigen Fällen Ausfälle länger als vier Wochen oder auch bleibend bestehen. Diese noch nach vier Wochen bestehenden Ausfälle

müssen wir dann als **echte Mitschädigungen** betrachten, die das typische Bild einer oberen Plexuslähmung erweitern.

Betroffen waren davon am häufigsten die vom N. radialis versorgten Muskeln. In Fasciculus dorsalis, aus dem der N. radialis hervorgeht, bündeln sich Nervenfasern aus allen Plexuswurzeln, so daß bei einem Unfallmechanismus, der zur Schädigung des oberen Plexusanteiles führt, gleichzeitig auch die aus diesem Teil und vom N. radialis innervierte Unterarmmuskulatur mitgeschädigt wird. Die Mm. brachioradialis und supinator waren in fast allen Fällen mitgeschädigt, so daß man sie in den Typ einer oberen Plexusschädigung mit einbeziehen muß. Übrigens gehört auch der Ausfall des M. triceps, der ebenfalls vom N. radialis versorgt wird, mit in das Bild der oberen Plexuslähmung. Bei unseren Verletzten war der M. triceps fünfzehnmal in gleichem Maße wie die übrige Oberarmmuskulatur mitgeschädigt, dreimal war er in seiner Funktion erheblich geschwächt und nur zweimal intakt geblieben. Nicht so häufig war die Mitbeteiligung der Extensorengruppe am Unterarm, wir stellten sie viermal fest: Einmal war die überwiegend vom N. medianus versorgte Flexorengruppe mitbeteiligt, zweimal der vom gleichen Nerv versorgte M. pronator teres. Man darf demnach annehmen, daß die C. VII Wurzel bei oberen Plexusschädigungen in der Mehrzahl der Fälle mitverletzt ist. Die Lähmungen der mitbeteiligten Muskeln an Unterarm bildeten sich nur bei einem Verletzten nicht völlig zurück, er behielt eine teilgelähmte Extensorengruppe zurück. Die Oberarm- und Schultermuskulatur war bei diesem Verletzten total gelähmt und zeigte keine Restitution.

Tab. VIII Motorische Funktionsbefunde bei 20 oberen Plexusschädigungen

	totale Lähmung	geringe Funktion	eingeschr. Gebrf.	gute Gebrf.
nach dem Unfall	15 (75 %)	5 (25 %)	-	-
nach 6 Monaten	6 (30 %)	7 (35 %)	7 (35 %)	-
nach 12 Monaten	6 (30 %)	3 (15 %)	6 (30 %)	5 (25 %)

Mit Tab. VIII zeigen wir das Verhalten der Lähmungen und ihren Rückbildungsgrad nach sechs und zwölf Monaten. Abgesehen davon, daß dreimal der M. pectoralis maior und zweimal der M. serratus lateralis, wie vorhin schon erwähnt, unversehrt geblieben waren und damit geringe Bewegungen ausgeführt werden konnten, hatten wir es in allen anderen Fällen unmittelbar nach dem Unfall mit einer vollkommenen funktionslosen Muskulatur an der Schulter und am Oberarm zu tun. Nach sechs Monaten bestanden nur noch bei sechs Verletzten totale Schulter-

Oberarmlähmungen, die sich allerdings therapeutisch nicht mehr beeinflussen ließen und bestehen blieben. Das kann aber nicht besagen, daß Lähmungen im Schulter-Oberarmbereich sich nach sechs Monaten nicht mehr oder nicht wenigstens teilweise zurückbilden könnten. Wir haben bei den totalen Plexuslähmungen gesehen, daß es auch im zweiten Halbjahr noch zu Regenerationsansätzen kam, wenn auch die völlige Wiederherstellung in solchen Fällen ausblieb. In sieben Fällen war es im ersten Halbjahr zu einer nur geringen und in sieben anderen Fällen zu einer guten Funktionsrückkehr, die bereits einer eingeschränkten Gebrauchsfähigkeit entsprach, gekommen. Viermal entwickelte sich aus den unbefriedigenden angedeuteten Muskelkontraktionen im zweiten Halbjahr eine gute und annähernd brauchbare Funktion für Schulter und Oberarm, dreimal änderte sich das Lähmungsbild nicht mehr. Zweimal blieben im ersten Halbjahr wiedergewonnene gute Muskelfunktionen ohne weitere Steigerung zu einer vollen Gebrauchsfähigkeit bestehen.

Bei fünf Verletzten von den sieben, die bereits im ersten Halbjahr gute Muskelfunktionen zurückgewannen, schritt die Wiederherstellung der Schulter- und Oberarmmuskulatur im zweiten Halbjahr fort. Nach einem Jahr war es dann zu einer fast normalen Muskeltätigkeit gekommen und der Arm konnte für viele Tätigkeiten wieder gebraucht werden. Von einer Heilung zu sprechen, wäre jedoch übertrieben. Die Kraftentfaltung war noch unbefriedigend und es blieben Reflexverluste und Sensibilitätsstörungen zurück. Zu einer eigentlichen Heilung im Sinne einer völligen Wiederherstellung des alten Zustandes kam es auch bei den oberen Plexusschädigungen in keinem Fall. Bei nichtfixiertem Schultergürtel konnten alle fünf Verletzten den Arm im Schultergelenk um mindestens 90 Grad seitlich abspreizen, zwei darüber hinaus bis 120 Grad, einer bis 140 Grad. Das Vorheben des Armes im Schultergelenk gelang um 120 bis 170 Grad, das Rückheben um 30 bis 50 Grad, die Innen- und Außenrotation im Schultergelenk war in keinem Falle meßbar eingeschränkt. Die aktive Beugung im Ellenbogengelenk betrug mindestens 90 Grad und gelang bei dreien voll bis 40 Grad, die Streckung im Ellenbogengelenk, sowie Pronations- und Supinationsbewegungen des Unterarmes waren bei allen wieder in vollem Umfang möglich. Der sogenannte Nacken- und Hosenträgergriff konnten von allen ausgeführt werden. Damit hatte sich wieder eine gute Gebrauchsfähigkeit des Armes eingestellt, die praktisch für alle Tätigkeiten ausreichte, wenn auch die Beweglichkeit nicht in allen Gelenken bis zu den letzten Graden möglich wurde und die grobe Kraft im Vergleich zur unverletzten Seite gemindert blieb und auch leichtere Muskelverwundungen weiterhin nachweisbar waren. Die elektrischen Befunde hatten sich wieder normalisiert, in zwei Fällen bestanden keinerlei Sensibilitätsstörungen mehr, bei den übrigen noch leichtere am Oberarm. Zwei Verletzte gaben auch keine subjektiven Beschwerden mehr an, während die anderen auch nach einem Jahr noch über druckempfindliche Oberarmmuskulatur oder Schmerzen beim Liegen auf dem verletzten Arm klagten, über Schulterschmerzen unterschiedlicher

Stärke, besonders am herabhängenden Arm, über Druckschmerz am Erbschen Punkt oder leichtere Paraesthesien am Unterarm.

Leider wurde bei einem Verletzten der gute Erfolg der Wiederherstellung durch eine sekundär hinzugetretene Radiusostreomyelitis nach offene Fraktur und dadurch entstandener irreparabler Radialschädigung zunichte gemacht. Wir wollen an dieser Stelle darauf hinweisen, daß die oft erheblichen Nebenverletzungen am plexusverletzten Arm, also vor allem Frakturen oder auch Weichteilverletzungen, das Wiederherstellungsergebnis ungünstig beeinflussen können. Entscheidend ist, in solchen Fällen dafür zu sorgen, daß keine der verschiedenen Behandlungsmaßnahmen die anderen unmöglich macht. Nicht zu umgehende Gipsverbände am nervenverletzten Arm sollten demnach frühzeitig zur Schale geschritten oder zumindest gefenstert werden, um das Elektrisieren zu ermöglichen. Leider haben wir bei einem uns überwiesenen Verletzten erleben müssen, daß eine Plexusschädigung erst nach sechs Wochen bei der Abnahme eines Oberarmgipses diagnostiziert wurde, der wegen einer Radiuschaftfraktur angelegt wurde. Dadurch wird therapeutisch unter Umständen entscheidendes versäumt.

Sechs Verletzte kamen nach einem Jahr zu nur eingeschränkt gebrauchsfähigen Funktionen. (Vor- und Seitheben des Armes im Schultergelenk 60 bis 110 Grad, Ellenbogenbeugung etwa bis 90 Grad, aber mit stark verminderter Kraft, Oberarmdrehbewegungen um etwa ein Drittel bis zur Hälfte eingeschränkt).

Die drei Verletzten mit nur geringen Muskelfunktionen nach einem Jahr behielten praktisch einen gebrauchsuntüchtigen Arm. Auch die Kompensation der ausgefallenen Funktionen durch weniger stark geschädigte Muskelgruppen blieb ungenügend. Die Beugung im Ellenbogengelenk gelang in solchen Fällen oft nur mit Schwung und unter Supinations- oder Pronationsbewegungen des Unterarmes.

30 % der Verletzten behielten für immer eine völlig funktionslose Schulter- und Oberarmmuskulatur.

Die Muskelverschmächtigungen im Bereich der Schulter und des Oberarmes waren bei vielen Verletzten wieder erheblich und entsprachen etwa denen, die wir bei den totalen Plexusschädigungen fanden. Die gemessenen Umfangsdifferenzen haben wir in Tab. IX dargestellt.

Soweit sich Aussagen über sensible Ausfälle bei oberen Plexuslähmungen machen lassen, können wir feststellen, daß sich ausschließlich periphere Empfindungsstörungen fanden und keine segmentalen. Überwiegend bevorzugtes Hautfeld gestörten Empfindungsvermögens war das (autonome) Verbreitungsgebiet des N. cutaneus brachii lateralis (N. axillaris), hier fanden sich elfmal eine Hypaesthesia und Hypalgesie, zweimal eine Anaesthesia und Analgesie und einmal eine Hyperaesthesia. Fünfmal war das Empfindungsvermögen im Bereich des N. cutaneus antebrachii posterior (N. radialis) vermindert. Weniger häufig zeigten sich Sensibilitätsstörungen im Versorgungsgebiet des N. cutaneus brachii und nur in einzelnen Fällen waren die Felder der übrigen Hautnerven betroffen. Siebenmal bestanden im Bereich des Unterarmes und der Hand überhaupt keine Sensibilitätsstörungen.

Tab. IX Durchschnittliche Umfangsdifferenzen in cm bei fortschreitenden Muskelatrophien im Vergleich zur unverletzten Seite

	nach 1/2 Jahr	nach 1 Jahr	nach 2 Jahren	größter Wert
Schultergelenk	2,5	5,0	6,0 (3,5)	10,0
Oberarm	3,0	4,0	5,5 (2,5)	6,0
Ellenbogengelenk	1,0	2,5	2,5 (0,5)	4,0
Unterarm	1,5	2,5	3,0 (1,0)	4,0
Handgelenk	0,5	1,0	0,5 (0)	1,0
Handrücken ohne Daumen	1,0	1,0	0 (0)	1,5

In Klammern gesetzter Wert bezeichnet die durchschnittliche Umfangsdifferenz bei wiedergewonnener Muskelfunktion am Oberarm und am Schultergürtel.

Angaben über anhaltende Schmerzzustände waren weniger häufig als bei den Verletzten mit totalen Plexuslähmungen. Sechs Verletzte klagten überhaupt keine Beschwerden, darunter waren zwei mit irreparablen Schädigungen und vier mit guter bis sehr guter Wiederherstellung. Viermal bestanden Kausalgien am Oberarm, zweimal am Unterarm, dreimal im Bereich des gesamten Armes, sechsmal im Bereich des Schultergürtels oder des Schultergelenkes. Dreimal bestand eine starke Druckempfindlichkeit am Erbschen Punkt ohne palpatorischen Befund. Von den sechs Verletzten mit eingeschränkt gebrauchsfähigen Armfunktionen nach einem Jahr und von den fünf Verletzten mit guten gebrauchsfähigen Muskelfunktionen waren nur vier beschwerdefrei, drei klagten über schwere Kausalgien, zwei über leichtere, zwei gaben gelegentliche Mißempfindungen im Bereich des Oberarmes an. Trophische Störungen wurden während der Behandlungszeit nicht beobachtet und soweit Anzeichen vor Beginn der Nachbehandlungsperiode bestanden, konnten sie durch entsprechende Maßnahmen beseitigt werden. Die Nachuntersuchungen nach zwei oder drei Jahren zeigten jedoch bei Verletzten, die totale Schulter- Oberarm- lähmungen zurückbehielten oder nur ungenügende Funktionen zurückerlangten, teilweise erhebliche trophische Störungen mit Handrückenödemen, livider Verfärbung und Kühle der Hand, mit rissigen und rauen Handinnenflächen oder abschilfernden

und brüchigen Fingernägeln. Nur zwei aus diesem Verletztenkreis waren völlig frei von trophischen Veränderungen am Unterarm oder an der Hand.

Eine isolierte traumatische Schädigung der unteren Wurzeln des Plexus brachialis, eine Lähmung nach Déjérine-Klumpke - mit Ausfällen der kleinen Handmuskeln und eines Teiles der langen Beugemuskeln am Unterarm und häufig mit einem Homerschen Symptomenkomplex bei weitgehend erhaltenen Muskelfunktionen an der Schulter und am Oberarm - haben wir bei keinem unserer Verletzten gefunden.

3. Faszikelschädigungen

Wir besprechen von den 64 Plexusschädigungen in diesem Abschnitt 13 Fälle. Bei den bisher beschriebenen Verletzungen handelte es sich in der Regel um wurzelnahe und hochsitzende Plexusläsionen, die durch einen ganz bestimmten Schädigungsmechanismus zustande kamen und klinisch zu typischen Ausfallerscheinungen führten. Die jetzt zu behandelnden atypischen Plexusschädigungen zeigen Lähmungsbilder, die auf weiter distal gelegene Verletzungen schließen lassen. Sie liegen vorwiegend im Faszikel- oder Plexusendbereich und lassen die Muskulatur des Schultergürtels weitgehend unversehrt. Nicht zu den atypischen Formen partieller Plexusschädigungen zählen wir isolierte Ausfälle beispielsweise des N. axillaris, oder des N. musculocutaneus, das sind periphere Nervenverletzungen, die nicht mehr im Bereich des Armplexus liegen. Bei den komplizierten Verhältnissen der Plexusbildung stößt man auf Schwierigkeiten, wollte man den Sitz einer Faszikelschädigung genauer bestimmen. In vielen Fällen ist das überhaupt nicht möglich. Wichtige Hinweise geben der Funktionszustand der einzelnen Muskeln und die Prüfung einer Mitschädigung oder einer Unversehrtheit der kurzen Zweige des Plexus, obwohl es auch da Unterschiede in der Höhe der Abgänge gibt. Besteht beispielsweise eine Medianuslähmung und ist dabei gleichzeitig die Unterarmbeugung ausgefallen, so muß die Läsion zentral des Abganges des N. musculocutaneus aus dem lateralen Faszikel liegen, besteht eine Radiallähmung mit intakter Funktion des M. deltoideus, so liegt die Läsion sicher peripher des Abganges des N. axillaris aus dem hinteren Faszikel.

Bei unseren Verletzten lagen folgende Schädigungen vor:

Schädigung aller drei Faszikel,
des Fasciculus posterior und lateralis,
des Fasciculus posterior und medialis,
des Fasciculus posterior,
des Fasciculus medialis.

Ursache für die vorliegenden Schädigungsformen des Armnervengeflechts waren in sehr vielen Fällen Traumen, die zu einer Oberarmkopfluxation geführt hatten

(46 %) oder zu Frakturen an den Knochen des Schultergürtels (62 %). Faszikuläre Plexusschädigungen sind deshalb in einigen Fällen als sekundäre traumatische Schädigungen aufzufassen, verursacht durch einen in den Plexus hineinverlagerten Oberarmkopf oder durch knöcherne Verletzungen am Schultergürtel. Der Armplexus ist bei jeder Schulterverrenkung gefährdet, besonders bei Luxationen des Oberarmkopfes nach unten in die Achselhöhle und - selten vorkommend - nach hinten.

Ebenso kann eine frakturierte und in ihren Enden stark dislozierte Clavicula, die wir zweimal feststellten, eine Schädigung an den Plexusfaszikeln herbeiführen. Motorradunfälle mit ihren typischen Unfallmechanismen traten nicht mehr auf (Tab. X). Häufiger waren Sturzunfälle, die aber nicht nach dem Prinzip des Schulteranpralls oder Schulteraufschlages verliefen. Alle fünf durch Hinstürzen Verunglückten trugen Oberarmkopfverrenkungen davon, (Sturz von einem Gerät, von einer Böschung oder Sturz auf der Straße). Mehr für eine direkte Schädigung der Faszikel sprechen die stumpfen Schlag- und die Quetschverletzungen mit einer Gewalteinwirkung an der äußeren Schulter oder am Oberarm.

Tab. X Unfallursache bei 13 Faszikelschädigungen
des Plexus brachialis

	Fälle	insgesamt
Sturzunfall	5	5 (38,4 %)
stumpfe Schlagverl.	2	2 (15,4 %)
Quetschung des Armes der Schulter	3 1	4 (30,8 %)
unklar	2	2 (15,4 %)

Wie zahlreich die Verletzungen am Schultergürtel der plexusverletzten Seite sind, zeigt die Tab. XI. Sie sind weitaus häufiger als bei allen anderen Plexusverletzungen. Jeder Zweite trug mehr als eine schwere Verletzung an der Schulter oder am Arm davon. Wir müssen als Ursache für die Faszikelschädigungen also Schultertraumen annehmen, die den Faszikelbereich direkt oder indirekt treffen, ohne daß Plexusanteile in ihrer ganzen Ausdehnung in eine starke Anspannung zu geraten brauchen, wie es das Prinzip bei den totalen und oberen Plexusschädigungen ist. Somit ergeben sich Hinweise für eine Faszikelschädigung, wenn ein typischer Unfallmechanismus, der zu einer Plexusüberdehnung führt, ausgeschlossen werden kann, aber

Tab. XI Häufigkeit der Nebenverletzungen bei 13 Faszikel-
schädigungen des Plexus brachialis

Nebenverletzungen	Häufigkeit	%
Commotio cerebri	1	Kopf
Contusio cerebri	1	15 %
Schulterprellung	1	
Oberarmkopfluxation	6	
Abriß des Tub. maius humeri	2	
Oberarmkopfraktur	1	
Scapulafraktur	3	Schulter - Arm
Claviculafraktur	2	146 %
Akromio-Clavicularluxation	1	
Humerusschaftbruch	1	
Radiusfraktur	1	
Ulnafraktur	1	
Rippenserienfraktur	1	
Thoraxkontusion	1	Rumpf
Beckenfraktur	1	23 %
Oberschenkelfraktur	1	8 %
schwere Weichteilverl.	2	15 %
ohne Nebenverletzungen	1	8 %

ein schweres Trauma im Bereich der äußeren Schulter vorgelegen hat, das fast immer mit knöchernen Verletzungen und sehr häufig mit stark verschobenen Oberarmkopferrenkungen einhergeht. Die Schultergürtelmuskulatur ist in der Regel unversehrt, mit Ausnahme des M. deltoideus und des M. teres minor, der aber keine stärkeren funktionellen Ausfälle verursacht. Beide Muskeln werden häufig durch Mitschädigung des sehr weit peripher aus dem hinteren Faszikel abgehenden N. axillaris in das Lähmungsbild mit einbezogen, das im allgemeinen je nach Ausdehnung der Schädigung von Ausfällen der drei großen Hauptarmnerven, Radialis, Medianus oder Ulnaris, bestimmt wird. Das klinische Bild der faszikulären Plexusschädigungen dürfen wir in folgender

Weise zusammengefaßt darstellen.

1. 7 Verletzte mit Schädigungen der Fasciculi posterior, lateralis und medialis.

Verletzungsursache waren Quetschungen der Schulter oder des Armes, ein Kantenschlag gegen den Oberarm und Sturzunfälle. Drei Verletzte erlitten Oberarmkopferrenkungen. In drei Fällen war es unmittelbar nach dem Unfall zu totalen Lähmungen am Arm, einschließlich des Deltamuskels, gekommen, in zwei Fällen bestand nur eine allgemeine motorische Schwäche der Armmuskulatur mit geringen Bewegungsmöglichkeiten. In einem Fall waren die Nn. axillaris und musculocutaneus unversehrt geblieben, aber keine Unterarm-Handfunktionen möglich und in einem Fall war der N. axillaris intakt bei Teilschädigung des N. musculocutaneus und ebenfalls unterschiedlichen Lähmungen am Unterarm mit einem Ausfall der Hand- und Fingerextension und einer Schwächung der Flexionsfunktionen. Bis auf den N. axillaris - als den am weitesten peripher aus dem Plexus hervorgehenden und fünfmal mitgeschädigten Ast - blieben die übrigen Plexusäste für den Schultergürtel in allen Fällen ungeschädigt und in der entsprechenden Muskulatur konnte eine normale elektrische Erregbarkeit nachgewiesen werden.

Die Rückbildungstendenz der Lähmungen war im allgemeinen recht gut. Nur in einem Fall erholte sich der Deltamuskel nicht mehr und blieb auch die Beugung im Ellenbogengelenk schlecht, in allen übrigen Fällen kam es im Bereich des Oberarmes wieder zu guten und sehr guten Funktionen. Am Unterarm und an der Hand trat zweimal eine völlige Wiederherstellung der alten Funktion auf, nachdem sich bereits in einem Fall nach vier Wochen und im anderen nach drei Monaten eine nur wenig eingeschränkte Gebrauchsfunktion zurückentwickelt hatte. Bei drei Verletzten blieben die wiedergewonnenen Unterarm-Handfunktionen deutlich geschwächt, obwohl alle Bewegungen ausgeführt werden konnten. Die Gebrauchsfähigkeit des Armes blieb dadurch eingeschränkt. Zwei Verletzte zeigten an der Hand irreparable Lähmungen einzelner Muskelgruppen, das eine Mal war es die Fingerbeugung, sowie die Ab- und Adduktion der Finger, das andere Mal war es die Fingerstreckung. Letzterer Fall wies auch den bleibend geschädigten Deltamuskel auf.

Nur die beiden letztgenannten Fälle zeigten bei den Nachuntersuchungen nach einem Jahr stärkere Atrophien am Unterarm und an der Hand, während sonst die Muskelverschmächtigungen nicht bedeutend waren oder sich mit Funktionsrückkehr langsam ausglich.

Trophische Störungen an der Hand mit Oedem, livider Verfärbung, Nagelveränderungen oder Sekretionsanomalien entstanden nur bei drei Verletzten. Fünf Verletzte klagten über länger anhaltende oder vorübergehende Schmerzzustände am gesamten Arm oder am Unterarm und an der Hand. Nur bei zwei Verletzten bestanden überhaupt nie irgendwelche Beschwerden und zwei behielten anfallsweise

Schmerzempfindungen auch über eine Beobachtungszeit von zwei Jahren hinaus.

2. 2 Verletzte mit Schädigungen des Fasciculus posterior und lateralis.

Beide erlitten das Trauma, das mit mehreren knöchernen Verletzungen einherging, im infraclaviculären Bereich der Schulter, der eine durch eine Quetschung in einer Maschine, der andere durch einen schweren Kantholzschlag. Bei beiden Verletzten bestand nach dem Unfall eine völlige Bewegungslosigkeit des Armes. Nach Abklingen der auch hier festgestellten flüchtigen Mitschädigungen entwickelten sich in der vierten Woche ziemlich gleichartige Lähmungsbilder. Die Radialis-muskulatur war in beiden Fällen völlig ausgefallen und zeigte elektrisch totale Entartungsreaktionen. Zu einer Mitschädigung des Deltamuskels kam es nur einmal. Die Medianusmuskulatur zeigte in einem Fall eine herabgesetzte Funktion und Erregbarkeit, im anderen Fall einen totalen Ausfall. Der M. musculocutaneus war in beiden Fällen mit in die Schädigungszone am lateralen Faszikel einbezogen.

Bei einem Verletzten kam es im Verlauf von acht Monaten zu einer gleichmäßigen und guten Rückbildung der Lähmungen, so daß eine gute Gebrauchsfähigkeit des Armes wiedergewonnen wurde. Außer einer Verminderung der groben Kraft, leichteren Sensibilitätsstörungen an den ersten beiden Fingern und gelegentlichen Spontanschmerzen am Unterarm und an der Hand blieben keine Restschäden zurück. Bei dem anderen Verletzten gelang keine befriedigende Wiederherstellung der ausgefallenen Muskelfunktionen. Geringe, kraftlose Kontraktionen und partielle Entartungsreaktionen stellten sich an den Unterarmbeugern und am M. triceps ein und auch an den Hand- und Fingerbeugern. Die Hand- und Fingerstrecker blieben gelähmt und behielten elektrisch totale Entartungsreaktionen. Sensibilitätsstörungen bestanden im Bereich des N. cutaneus antebrachii posterior und im Radialbereich der Hand. Schmerzzustände wurden nicht mehr angegeben. Spätere Nachuntersuchungen ergaben keine Veränderungen, so daß dieser Arm für den Gebrauch untauglich blieb, selbst wenn an der Schulter alle Bewegungen ausgeführt werden konnten.

3. 2 Verletzte mit Schädigungen des Fasciculus posterior und medialis.

Beide Verletzte erlitten Oberarmkopfluxationen und bei beiden bestand unmittelbar nach dem Unfall für kurze Zeit eine totale schlaffe Lähmung an Hand und Fingern. Nach einigen Tagen bildeten sich eine Radialis- und eine Ulnarisparesie heraus, wobei in einem Fall die Streckfähigkeit an Hand und Fingern nur leicht gestört, im anderen fast völlig ausgefallen war. Beide Verletzte aber zeigten vollständige Ulnarislähmungen mit allen typischen Symptomen. Der N. axillaris war in beiden Fällen nicht mitgeschädigt, der M. triceps zeigte sich in einem Fall erheblich geschwächt. Die Rückbildungstendenz der Paresen war gut, nach sechs Monaten ließ sich bereits wieder eine annähernde Gebrauchsfunktion nachweisen, nach einem Jahr war eine gute Gebrauchsfunktion vorhanden, jedoch

blieben bei beiden Verletzten eine spürbare Verminderung der Kraft und eine mäßige Atrophie in den Zwischenknochenräumen der Hand bestehen. Auch leichtere Sensibilitätsstörungen an der Daumenstreckseite und am Kleinfingerballen wurden von beiden angegeben. Von einem Verletzten anfangs geklagte Schmerzzustände im Bereich der Hand verloren sich völlig.

4. 1 Verletzter mit einer Schädigung des Fasciculus posterior.

Hier war es durch einen ungeklärten Unfallmechanismus und ohne knöcherne Verletzungen an der Schulter zu einer isolierten Radialisparese gekommen, einschließlich einer Lähmung des M. deltoideus, so daß die Läsion oberhalb des N. axillaris Abganges im hinteren Faszikel liegen mußte. Die übrige Schultermuskulatur blieb unversehrt. Obwohl an den betroffenen Muskeln geringe Funktionen von Anbeginn erhalten waren und auch keine kompletten Entartungsreaktionen sich ausbildeten, erholten sich Deltamuskel und Triceps nur sehr langsam. Sie erlangten nach einem Jahr zwar wieder ihre volle Funktion, behielten aber deutliche Schwächen. Die Streckfähigkeit an Hand und Fingern zeigten nach dem ersten Halbjahr eine teilweise und im Verlauf des zweiten Halbjahres eine gute wiedergewonnene Gebrauchsfähigkeit. Stärkere Atrophien blieben nicht zurück, jedoch ein herabgesetztes Empfindungsvermögen im Bereich des N. cutaneus brachii lateralis und antebrachii posterior.

5. 1 Verletzter mit einer Schädigung des Fasciculus medialis.

Eine Oberarmkopfluxationsfraktur und eine Scapulafraktur führten bei diesem Verletzten zu einer Ulnarisparese und einer anfangs zusätzlich bestehenden geringgradigen Schwäche der Medianusmuskeln, so daß die Verletzungszone vor Abgang der ulnaren Medianuszinke aus dem medialen Faszikel angenommen werden kann. Vollständige Lähmungen bestanden von Anfang an nicht, nach acht Monaten war die alte Funktion - abgesehen von einer nachhinkenden herabgesetzten elektrischen Erregbarkeit - praktisch wiederhergestellt. Auch die aufgetretenen Sensibilitätsstörungen und Paraesthesien am vierten und fünften Finger, sowie Atrophien der Mm. interossei und am Kleinfingerballen bildeten sich wieder zurück.

Aus der Tab. XII und den beschriebenen klinischen Befunden ergibt sich hinsichtlich der Wiederherstellung ein sehr viel günstigeres Bild. Zwar zeigten unmittelbar nach dem Unfallgeschehen 53,9 % der Verletzten vollständige Armlähmungen, aber bleibende totale Lähmungen kamen nicht vor. Sie waren bei der Hälfte der Verletzten nicht zu erwarten, da jeweils nur ein oder zwei Hauptnervenstränge des distalen Plexus geschädigt wurden. Jedoch waren immerhin 23,1 % der Schädigungen so schwer, daß keine befriedigenden Wiederherstellungsergebnisse erreicht werden konnten und der Arm für Tätigkeiten unbrauchbar blieb.

46,1 % der Verletzten erlangten nach spätestens einem Jahr wieder eine gute Gebrauchsfähigkeit des Armes und bei 23,1 % stellte sich nach dieser Zeit sogar die volle Kraft wieder ein und blieben keine behindernden Restzustände mehr zurück. Hier wurde also eine echte Heilung erreicht. Zusammen sind das 69,2 %, die mit ihrem Arm wieder alle Tätigkeiten - allerdings mit unterschiedlicher Kraft - ausführen konnten, gegenüber 7,7 %, bei denen die Gebrauchsfähigkeit des Armes eingeschränkt blieb. Im ersten Halbjahr hatten über die Hälfte der Verletzten gute Muskelfunktionen zurückerlangt, die in ihrer Gebrauchsfähigkeit aber noch deutlich eingeschränkt waren. Nicht mehr eingeschränkte, sondern gute und durchaus gebrauchstüchtige Armfunktionen ließen im ersten Halbjahr 15,4 % der Verletzten erkennen.

Tab. XII. Motorische Funktionsbefunde bei 13 faszikulären Schädigungen des Plexus brachialis

	nach dem Unfall	nach 6 Monaten	nach 12 Monaten
totale Lähmung	7 (53,9 %)	0	0
geringe Funktion	6 (46,1 %)	4 (30,7 %)	3 (23,1 %)
eingeschr. Gebrf.	0	7 (53,9 %)	1 (7,7 %)
gute Gebrauchsf.	0	2 (15,4 %)	6 (46,1 %)
Heilung	0	0	3 (23,1 %)

Diese Ergebnisse zeigen, daß der Schweregrad der Nervenschädigung im Faszikelbereich des Plexus geringer ist als bei den hochsitzenden totalen oder oberen Plexusverletzungen und die Heilungstendenz deshalb unvergleichbar besser.

III. WIEDERHERSTELLUNG UND BERUFLICHE WIEDER- EINGLIEDERUNG (Rehabilitation)

Wie aus den vorstehenden Abschnitten ersichtlich, ist mit einer Wiederherstellung der früheren Leistungsfähigkeit des Armes nach traumatischen Armplexusschädigungen leider nur in sehr wenigen Fällen zu rechnen. Es ist deshalb außerordentlich wichtig, von Anbeginn die soziale Sicherung der Verletzten im Auge zu haben und unsere Behandlung in den Rahmen entsprechend umfangreicher Rehabilitationsmaßnahmen zu stellen. Um den Verletzten die Rückkehr in die Berufsarbeit zu ermöglichen, bedarf es einer planvollen Zusammenarbeit der Ärzte mit den zuständigen sozialen und pädagogischen Einrichtungen für Berufsberatung, Berufsausbildung bzw. Umschulung, Arbeitsvermittlung und Bewährungskontrolle.

Die Prognose der traumatischen Verletzungen des Plexus brachialis hängt nicht allein ab von dem Ausmaß und der Art der Nervenschädigung, sondern wird ganz wesentlich mitbestimmt von unseren Behandlungsmaßnahmen. Das gilt natürlich für jede periphere Nervenverletzung. Bei voll ausgeschöpften therapeutischen Möglichkeiten ist über die Prognose der Plexusverletzungen im einzelnen folgendes zu sagen.

1. Schädigungen einzelner Nervenkelch ohne anatomische Zerstörung der Nervensubstanz lassen eine Funktionsrückkehr nach wenigen Tagen oder in den ersten Wochen erwarten. Solche sich schnell erholenden Nervenläsionen begleiteten fast alle Plexusverletzungen und wurden im klinischen Gesamtbild als flüchtige Mitschädigungen bezeichnet. Im einzelnen mag es sich jeweils um eine Commotio nervi handeln. Die Prognose für diese vorübergehenden Funktionsstörungen ist sehr gut.
2. Stärkere Traumen führen zu Verletzungen mit mehr oder weniger ausgedehnten Nerveneinrissen oder partiellen Durchrissen. Meist handelt es sich um randständige Einrisse. Die anfangs häufig totalen Lähmungen weichen später einer partiellen, wenn die in ihrer Kontinuität erhalten gebliebenen Faserbündel sich erholen haben. Operationsbefunde haben gezeigt, daß an der Stelle des Einrisses sich oft Narbenspindeln, sog. Kontinuitätsneurome, entwickeln, die ein geordnetes Zusammenfinden der gegenseitigen Nervenfasern verhindern. Schrumpfendes Narbengewebe und schädigende Zug- und Druckwirkungen durch narbige Veränderungen der Umgebung können später wiederhergestellte Nervenfasern erneut schädigen, so daß sich der klinische Befund verschlechtert. Kommt in solchen Fällen die Regeneration zum Stillstand, so muß operativ vorgegangen werden. Die Prognose bei Nerveneinrissen am Plexus ist zunächst also immer zweifelhaft. Deshalb sind eine sorgfältige Beobachtung und Beurteilung des klinischen Verlaufes und die rechtzeitige Erkennung einer Befundverschlechterung sehr wichtig. Auch Einrisse, die nicht die Nervenfasern betreffen, sondern das Peri- oder Epineurium, können durch Narben oder endoneurale Haematome

zu spontan irreparablen Ausfällen führen.

3. Bei kompletten Nervendurchrissen oder Nervendurchtrennungen, beispielsweise einer Plexuswurzel, entsteht zwischen zentralem und peripherem Ende in der Regel ein Narbenbindegewebe, von dessen Beschaffenheit es abhängt, ob eine spontane Wiederherstellung der Kontinuität möglich wird. Bleibt die Vereinigung der Nervenstümpfe wegen zu starker Retraktion oder Dislokation oder infolge Behinderung durch Narbenzug des umgebenden Gewebes oder zu straffen Narbengewebes selbst aus, so bildet sich am zentralen Nervenende eine knollige Auftreibung, ein Neurom.

Die Prognose einer operativen Revision ist sehr abhängig von den vorliegenden anatomischen Veränderungen.

4. Die Prognose der Plexuswurzelaustritte aus dem Rückenmark ist absolut infaust. Jede Therapie bleibt hier eine Palliativ-Maßnahme.

Eine starre Reihenfolge der einzelnen Rehabilitationsmaßnahmen gibt es nicht, sie müssen eng miteinander verknüpft und auf jeden Verletzten entsprechend den Erfordernissen individuell abgestimmt werden.

Am Anfang steht die klinische Erstversorgung. Dazu gehören: die absolute Ruhigstellung des Armplexus, die Vermeidung von Kontrakturen, Muskelüberdehnungen und Atrophien und die Erhaltung der Kontraktionsfähigkeit der Muskeln. Hinzu kommt natürlich die Behandlung der oft schweren und zahlreichen Begleitverletzungen. Das Ausmaß der Plexusschädigung ist anfangs noch nicht zu übersehen. Schulter und Arm werden entweder auf eine Abduktionsschiene gelegt oder der Arm wird in einem Thoraxabduktionsgips in 60 Grad Abduktion und 30 Grad Ateposition bei mittlerer Drehstellung des Unterarmes eingegipst. SCHULER empfiehlt darüber hinaus, die Schulter etwas hochzuziehen und den Kopf zur verletzten Seite zu neigen und ihn in dieser Stellung mit einem Gipsring wie in einem Diademgips zu fixieren. Dadurch wird die größtmögliche Entspannung der Weichteile und des Armplexus erreicht. Auch LANGE, WITT und SCHADER haben darauf hingewiesen. SCHULER konnte an Hand von Messungen am Röntgenbild zeigen, daß sich in einer solchen Entspannungsstellung die Distanz zwischen den Spinallöchern und der Höhe des Sulcus nervi radialis am Humerus um 7 bis 10 cm verkürzen kann. Der Thorax-Arm-Gips ist der einfachen Abduktionsschiene vorzuziehen, da der Arm auf einer meist hin- und herrutschenden Schiene niemals so gut ruhig gestellt werden kann wie in einem sorgfältig anmodellierten Gips.

Die Gipsfixierung des Armes in Abduktionsstellung bei rechtwinklig gebeugtem Ellenbogen, hochgezogener Schulter und zur verletzten Seite geneigtem Kopf, wie sie LANGE angibt, gewährleistet ebenfalls eine gute Entspannungsstellung des Plexus, hat aber den Nachteil, daß es leicht zu einer Schultergelenksversteifung kommen kann. Das Schultergelenk neigt von den großen Gelenken am ehesten zur Kontraktur, namentlich bei Erwachsenen über 30 Jahren und

besonders nach Schulterkontusionen und Distosionen. Eine Woche Abduktionsgips soll manchmal schon genügen, um eine Kontraktur mit Verkürzung der Adduktions- und Rotationsmuskeln (Mm. pectorales, teres maior, subscapularis) hervorzurufen (LANGE).

Die Fixation des Armes wird etwa vier Wochen aufrechterhalten, jedoch wird der Gips schon vorher zur Schale geschnitten, um mit der elektrischen und später auch mit einer langsam sich steigenden Übungsbehandlung beginnen zu können.

In unserem Hause wurden nur wenige Verletzte erstversorgt, die meisten haben wir von außerhalb übernommen und mit ihnen im wesentlichen die Übungsbehandlung durchgeführt. Diese beginnt mit Abklingen der unmittelbaren Verletzungsfolgen und sobald Arm und Schulter der ständigen Fixation entbehren können.

Über die durchschnittliche Dauer der einzelnen Behandlungsstadien gibt die Tab. XIII Auskunft. Es dürfte auch für den Kostenträger von Interesse sein, daß eine Behandlung sinnvoll zeitbemessen bleibt. Da die meisten Krankenhäuser Verletzte nach der Erstbehandlung für die Übungsbehandlung nicht bei sich behalten können, weil sie nicht über entsprechende Einrichtungen verfügen, wurden die Verletzten nach der Erstbehandlung häufig in "ambulante" Nachbehandlung

Tab. XIII Durchschnittliche Dauer der stationären und ambulanten Behandlung in Monaten

	totale Plexus- schädigung	obere Plexus- schädigung	Faszikel- schädigung
stat. Erstbehandlung	3,5	3	3
ambul. Zwischenbeh.	2,5	2,5	1,5
stat. Nachbehandlung	4,5	3,5	4
Gesamtdauer der stat. Behandlung	8	6,5	7

oder gar in hausärztliche Überwachung entlassen. Diese zwischenzeitliche, mehr oder weniger regelmäßig durchgeführte ambulante Behandlung betrug bei den von uns übernommenen Verletzten durchschnittlich etwa neun Wochen. Nur 10 Verletzte, das sind 16 %, kamen direkt aus dem erstbehandelnden Krankenhaus zu uns, was natürlich das erstrebenswerteste ist.

Die Übungsbehandlung sollte immer stationär durchgeführt werden. Eine ausschließlich ambulante Übungsbehandlung erschwert die Durchführung eines Heilplanes ganz erheblich, weil dem Verletzten damit die Verantwortung für seine

Wiederherstellung in die eigene Hand gegeben wird. In solchen Fällen hängt es sehr von der seelischen Grundhaltung des Betroffenen ab, ob ein auf weite Sicht angelegter Heilplan überhaupt eingehalten werden kann. Alle Rehabilitationsmaßnahmen zielen darauf hin, den Verletzten möglichst bald an seinen Arbeitsplatz zurückkehren zu lassen oder ihn mit seiner verbleibenden Leistungsfähigkeit dem allgemeinen Arbeitsmarkt zur erneuten Vermittlung zur Verfügung zu stellen.

Bevor wir über die einzelnen konservativen Behandlungsmaßnahmen berichten, beantworten wir die Frage nach der Indikation und dem Zeitpunkt eines etwaigen operativen Eingriffs am Plexus brachialis.

Der günstigste Zeitpunkt für eine Operation liegt zwischen dem 3. und 5. Monat nach dem Unfall. Jeder Operation am Plexus hat voranzugehen eine vorbereitende konservative Behandlung, deren Erfolg oder Nichterfolg die Operationsindikation mitbestimmt und deren Durchführung wesentlich für den Operationserfolg wird. Eine Sofort- oder Frühoperation ist bei geschlossenen Plexusverletzungen abzulehnen, weil in den ersten Wochen oder Monaten keine Aussagen über das Ausmaß der tatsächlichen Schädigung gemacht werden können und eine genauere Kenntnis der Verletzungsschritte fehlt. Spontan regenerationsfähige Nervenanteile würden durch einen zu frühen Eingriff unnötig gefährdet werden. Wie unsere klinischen Befunde gezeigt haben, beträgt der Grad einsetzender oder fortschreitender Spontanregeneration im Verlaufe des ersten Halbjahres und allein durch konservative Maßnahmen unterstützt bei den totalen Plexusschädigungen 42 %, bei den oberen 55 % und bei den Fazikelschädigungen 100 %. Die elektrischen Befunde, auch nach einer Operation, sagen nichts über die spontane Heilungstendenz eines Nerven aus, sondern registrieren lediglich eine augenblickliche Leitungsunterbrechung. Selbst bei kompletten Entzündungsreaktionen braucht die Fähigkeit der spontanen Wiederherstellung nicht aufgehoben zu sein.

Bei wachen der Frühoperation (DAVIS, DELZMER, KOLODNY, STAHL, VESELSKY) warnten auf die schon schnell entwickelnden und oft ausgedehnten Vernarbungen hin, die die Regeneration kraft der Nervenfasern beeinträchtigen. Jedoch konnte WITT bei zahlreichen Operationen nachweisen, daß die stumpfe Lösung der Nerven aus ihren narbigen Verwachsungen bereits zum 4. Monat ohne weiteres möglich ist und man bis zum 6. Monat durchaus mit Eingriffen warten kann. Vom 7. Monat an vermindern sich die Erfolgschancen der Plexusoperationen zusehends (LANGE). Sofortoperationen kommen nur bei offenen Plexusverletzungen infrage und wenn die Wundheilung es erlauben. Bei uns wurde einmal eine Sofortoperation durchgeführt bei einer offenen totalen Plexusschädigung mit Durchtrennung von wurzelnahen Nervensträngen.

Das Ergebnis der Nervennaht erbrachte eine geringe motorische Besserung. Die Indikation zu einer Plexusoperation kann sich nur aus dem klinischen Verlauf ergeben, wobei das jeweilige Verhalten der neurologischen und elektrischen Befunde ausschlaggebend ist. Plexuswurzelanastomosen aus dem Rückenmark müssen

ausgeschlossen werden, hier sind operative Eingriffe erfolglos. Können röntgenologisch keine Wurzelausrisse sicher festgestellt werden und bleiben die Lähmungen ohne Zeichen einer Funktionsrückkehr trotz konservativer Behandlungsmaßnahmen über vier Monate bestehen und kommt es zu einer Abnahme oder gar zu einem Verschwinden der galvanischen Erregbarkeit, so muß operiert werden. Ebenso wird operiert, wenn in der anfänglich fortschreitenden Rückkehr einer Muskelfunktion ein längerer Stillstand eintritt. In solchen Fällen sind manchmal oberhalb des Schlüsselbeines zu tastende narbige Veränderungen im Nerven oder in seiner Umgebung - Neurinome oder nicht resorbierte Haematome - anzutreffen, die eine weitere Regeneration verhindern. Gegenindikationen einer Plexusoperation sind im Gang befindliche Spontanregenerationen, schlechte Wandverhältnisse, Durchblutungsstörungen und Stauungserscheinungen am Arm, Gelenkversteifungen, insbesondere schwere Finger versteifungen und hochgradige Muskelatrophie. Viele dieser Hemmnisse sind durch eine gute vorbereitende Behandlung zu vermeiden oder zu beseitigen. Es ist unmöglich, daß einem sich regenerierenden Muskel die Überwindung einer Gelenkkontraktur gelingen würde. Als operative Verfahren kommen zur Auswahl die Neurolyse, wenn noch eine elektrische Leitfähigkeit vorhanden ist, und die Nervennaht, bzw. die Resektion mit anschließender Naht, wenn die elektrische Leitfähigkeit unterbrochen ist. PECINKA berichtet auch über Nervenverpflanzungen am Armnervengeflecht.

Von unseren 64 Plexusverletzten wurden 16 operiert (25 %). 14 zeigten totale Plexusschädigungen, 2 obere Plexusschädigungen. Operative Eingriffe am distalen Plexus wurden nicht vorgenommen. Die Hälfte der Verletzten wurde in unserem Hause nach Überweisung aus der stationären Erstbehandlung operiert, die andere Hälfte war bereits im erstbehandelnden Krankenhaus operiert worden. Der Zeitpunkt der Operationen lag im Durchschnitt 6 1/2 Monate nach dem Unfall, der früheste Termin war der 3., der späteste der 11. Monat.

Zehnmal wurde operiert, weil es in den ersten vier bis sechs Monaten unter konservativer Behandlung zu keinem Anzeichen einer Funktionsrückkehr gekommen war oder weil ungenügend wiedergewonnene Muskelfunktionen sich nicht mehr verbesserten oder sogar verschlechtern. Fünfmal wurde der Eingriff am Plexus vorgenommen, weil das Ausbleiben einer Restitution auf eine tastbare und in einigen Fällen schmerzhafteste Gewebsverhärtung oberhalb des Schlüsselbeines zurückgeführt wurde, bei der es sich viermal um Kontinuitäts- bzw. Stumpfneurome handelte und einmal um ein organisiertes Haematom. Einmal wurde die Plexusrevision wegen einer offenen Verletzung unmittelbar nach dem Unfall durchgeführt. Zwei Verletzte hatten eine vorgeschlagene Operation abgelehnt. Bei einem Verletzten konnte durch Myelographie ein Plexusausriß sicher festgestellt werden, so daß eine Operation unterlassen wurde. In zwei anderen Fällen hatten Myelographien keine eindeutigen Befunde erbracht, leider bestätigte die Operation den Verdacht irreparabler Ausrisse. Myelogramme wurden bei unseren Verletzten noch nicht sehr häufig angefertigt, bei der heute verbesserten Technik könnte man sicher mehr Ausriß-

verletzungen erfassen und von einer ergebnislos verlaufenden Operation zurückstellen.

Siebenmal wurde eine Neurolyse ausgeführt, einmal gelang eine Nervennaht (Sofortversorgung bei offener Plexusverletzung) und einmal kamen sowohl eine Neurolyse als auch eine Nervennaht zur Anwendung. Bei sieben Verletzten lagen anatomisch so schwere Veränderungen vor, daß Nervengewebe überhaupt nicht mehr auffindbar war und keine operativen Maßnahmen vorgenommen werden konnten. Vier von diesen Verletzten hatten nachweislich totale Plexusausschüsse erlitten. In Tab. XIV haben wir die Ergebnisse der durchgeführten Plexusoperationen zusammengestellt.

Tab. XIV Ergebnisse der Plexusoperationen

	Anzahl	%
ohne Erfolg	9	56,3 %
geringe Besserung	6	37,5 %
bedeutende Besserung	1	6,2 %
Heilung	0	0

Nur in einem einzigen Fall, bei einem Verletzten mit einer totalen Plexusschädigung, kam es nach einer Neurolyse oberer Plexusstränge, die vier Monate nach dem Unfall durchgeführt wurde, im Verlaufe von drei Monaten zu einer bedeutenden Motorischen Besserung. Die vorher fast funktionslose Schultergürtelmuskulatur erholte sich soweit, daß der Arm bis 70 Grad vorwärts gehoben und bis 30 Grad seitwärts gehoben werden konnte. Darüber hinaus verbesserte sich auch die Funktion der Unterarmbeuger bis zu einer aktiven Ellenbogengelenksbeugung von 40 Grad. Zu einer völligen Wiederherstellung einer dieser Muskelfunktionen im Sinne einer Heilung kam es nicht. Da sich schon vor der Operation gute Funktionen auch an der Hand und an den Fingern herausgebildet hatten, entwickelte sich schließlich ein annähernd gebrauchsfähiger Arm.

Bei sechs Verletzten ließen sich durch Operation am Plexus nur geringfügige motorische Besserungen erzielen. Sie betrafen viermal Funktionen der Mm. brachialis, biceps und triceps, viermal Funktionen am Schultergürtel und des M. deltoideus, einmal Funktionen im Bereich des Unterarmes und der Hand. Zweimal kam es zusätzlich auch zu Verbesserungen der Sensibilität, beide Male im Bereich des N. cutaneus brachii medialis.

Bei allen anderen Verletzten konnten weder motorische Ausfälle, noch Sensibilitätsstörungen oder Schmerzzustände in irgendeiner Weise günstig beeinflusst werden. Sieben dieser Verletzten waren am Plexus inoperabel (44 %).

Schließen wir die inoperablen Fälle aus und betrachten wir die Ergebnisse von den

zur Anwendung gekommenen operativen Maßnahmen aus (Tab. XV), so ergibt sich ein anderes Bild.

Tab. XV Ergebnisse der Neurolyse und Nervennaht am Plexus brachialis

	Operation ohne Erfolg		motor. Besserung gering bedeutend		Heilung
Neurolyse	8	2	5	1	0
Nervennaht	2	0	2	0	0
%	20 %		70 %	10 %	-

Die achtmal durchgeführten Neurolysen blieben nur zweimal ohne Erfolg, fünfmal stellten sich geringe und einmal gute motorische Besserungen ein. Wie schon erwähnt, wurde bei einem Verletzten sowohl eine Neurolyse einiger Plexusanteile als auch eine Nervennaht (C. VI zentral mit C. V peripher) durchgeführt. Das Ergebnis war eine teilweise Regeneration des Deltamuskels und geringe Funktionsverbesserungen am Unterarm. Wir haben deshalb beide operativen Maßnahmen in der Tab. XV einzeln berücksichtigt.

Die Ergebnisse der Neurolyse und der Nervennaht am Plexus nach stumpfen Verletzungstraumen entsprechen etwa den Operationsergebnissen von PECINKA und RÖHLIG. Auch bei ihnen kam es in keinem Fall zu einer völligen Wiederherstellung oder einer uneingeschränkten Gebrauchsfähigkeit des Armes. Die sehr guten Operationsergebnisse von WITT mit 16,6 % Heilung, 66,7 % bedeutender und 12,5 % geringer Besserung und mit nur 4,2 % Mißerfolgen beziehen sich ausschließlich auf Kriegsverletzungen des Plexus, also auf Schuß- oder Granatsplitterverletzungen, die in der Regel umschriebene Läsionen mit mehr oder weniger glatten partiellen oder totalen Nervendurchrissen setzten. Die Operationsbefunde der stumpfen Plexusschädigungen dagegen zeigten Nervenläsionen über weite Strecken, beträchtliche Dehiszenzen zeretzter Nervenstränge und ausgedehnte narbige Verwachsungen der Nerven untereinander und mit der Umgebung.

Zweimal wurde wegen schwerster Kausalgien eine operative Grenzstrangunterbrechung (Resektion unterhalb des Ganglion stellatum) durchgeführt, einmal in gleicher Sitzung mit der Plexusoperation nach acht Monaten und einmal zwei Jahre nach dem Unfallgeschehen. Bei beiden Verletzten waren die Kausalgien nach der Operation schlagartig beseitigt, bei einem traten sie nach einigen Wochen mit abgeschwächter Intensität wieder auf, bei dem anderen kam es zu keinen erneuten Schmerzen, dafür trat aber ein mit der Operation gleichfalls zunächst beseitigter Phantomschmerz später wieder auf. Bei einem dritten Verletzten konnten

hartnäckige Kausalgien nach achtzehn Monaten durch eine Chordotomie beseitigt werden. Zweimal wurde eine Oberarmmanipulation im mittleren Drittel vorgenommen, einmal drei Monate nach dem Unfall wegen trophischer Störungen und Verbrennungswunden am Unterarm und an der Hand und einmal nach drei Jahren wegen unerträglicher Nervenschmerzen, die dadurch endgültig zum Verschwinden gebracht werden konnten.

Nach jeder Operation am Plexus brachialis werden Schulter und Arm in der angegebenen Weise für zwei bis vier Wochen im Gips oder auf der Schiene wieder ruhiggestellt. Abschließend wird vorsichtig erst aus der Gipsschale heraus und später unter schrittweiser Aufhebung der fixierenden Verbände mit der allmählich sich steigenden Übungsbehandlung begonnen. Zur konservativen Behandlung stehen uns die folgenden Verfahren zur Verfügung, die im Anschluß an eine Operation in gleicher Weise angewandt werden wie im Rahmen der Erstbehandlung.

1. Passive und aktive Bewegungsübungen

Solange Lähmungen bestehen, werden alle Gelenke *p a s s i v* geübt, um Versteifungen vorzubeugen, die am ehesten den Fingergelenken drohen. Stellen sich Teilfunktionen ein, werden die einzelnen Muskeln und Muskelgruppen regelmäßig selbsttätig angespannt, also *a k t i v e* Innervationsübungen durchgeführt. Da die Innervationsfähigkeit der einzelnen Muskeln unterschiedlich ist und auch für lange Zeit bleibt, zumal die Regeneration auch unterschiedlich verläuft, ist zu beachten, daß besser funktionierende Muskeln schlechter funktionierende mittrainieren und deshalb ersteren besondere Beachtung zu schenken ist. Die Übungen lassen sich bevorzugt unter Wasser durchführen und werden mit zunehmender Leistung zu Anspannungen gegen Widerstand gesteigert und später zu Kraftübungen. Die Übungsbehandlung durch *p a s s i v e* oder *a k t i v e* Bewegungen setzt sofort nach Abklingen der unmittelbaren Verletzungsfolgen ein. Bei einem Plexusoperierten wird mit der Behandlung nach drei oder vier Wochen begonnen.

2. Behandlung durch Massage

Ganz allgemein dient die Massage der Beseitigung von Stauungserscheinungen am gelähmten Arm und der Verbesserung der Zirkulation von Blut und Lymphe, so daß frühzeitige Atrophien vermieden werden. In Erwartung einer Spontanregeneration wird die Massage günstige und wesentliche Voraussetzungen schaffen für die Wiedergewinnung einer Muskelfunktion, weil Innervationsimpulse früher einsetzen können. Die Behandlung, mit der zeitig und gleich nach Abheilung örtlicher Wunden begonnen wird, reicht von der leichten Streichmassage bei Total-lähmungen bis zur Muskelknetmassage bei wiedereinsetzender Funktion und muß dann zur Gewinnung einer Muskelleistung in Verbindung mit aktiven Übungen durchgeführt werden.

3. Elektrische Behandlung

Der elektrische Strom gehört zu jeder Untersuchung peripherer Nervenverletzungen und ist bedeutungsvoll für die Beurteilung einer Lähmung, bzw. einer einsetzenden Regeneration. Als Behandlungsverfahren stellt das Elektrisieren des Nerv-Muskel-Systems auch während der Lähmungszeit den adäquaten Reiz dar, der die Kontraktionsfähigkeit des Muskels zu erhalten und die Regenerationsbereitschaft des Nerven anzuregen vermag. Damit kommt der Behandlung mit elektrischen Strömen eine ganz wesentliche Bedeutung zu und hat frühzeitig einzusetzen. Außerdem werden durch das Elektrisieren die Durchblutung gefördert und vorzeitige Atrophien vermieden. Für den gelähmten Muskel bedeutet die Elektrotherapie die einzige Übungsmöglichkeit.

4. Beschäftigungstherapie

Die Beschäftigungstherapie bedeutet eine sehr sinnvolle und außerordentlich zweckmäßige Ergänzung und Unterstützung der aktiven Bewegungsübungen. In Form von Geschicklichkeitsübungen oder bei einfachen handwerklichen Tätigkeiten werden der verletzte Arm und besonders Hand und Finger geübt. Es muß gelingen, aus verbleibenden Restfunktionen den bestmöglichen Gewinn zu erzielen. In den Übungsplan gehört auch, Verletzte mit irreparablen Armlähmungen auf die Geschicklichkeit der anderen Hand umzustellen, wie auch bei beabsichtigter oder erfolgreicher Umschulung die Verletzten an neue, ungewohnte Handhabungen zu gewöhnen.

5. Gruppengymnastik und Sport

Sind die selbsttätigen Bewegungsübungen vorangeschritten, werden die Verletzten zur Leistungssteigerung der Armfunktion in Übungsgruppen eingeteilt, in denen unter fachlicher Anleitung in freien Bewegungen oder mit Sportgeräten gezielte Koordinationsübungen des Armes durchgeführt werden. Sie sollten immer im Rahmen einer allgemeinen gymnastischen Übungsstunde erfolgen. Sportliche Einzel- und Mannschaftsübungen sind eine wichtige Stufe im Übungsprogramm zur Wiedergewinnung einer guten Armfunktion und werden den praktischen Gewinn der Behandlung - darauf allein kommt es an - am deutlichsten zeigen. Ballspiele sind für den Armverletzten am geeignetsten. Die sportliche Betätigung lenkt den Verletzten von seinem verletzten Arm ab, es werden spielerisch und unbewußt die richtig koordinierten Bewegungen gemacht, die sonst nur unter größter Konzentration gelingen oder vorher überhaupt nicht zustande kamen. Der Verletzte bekommt neuen Mut, Vertrauen und Hoffnung und wird mit Eifer und sportlichem Kampfgeist mitmachen, so gut es geht. Das ist für ihn die beste funktionelle Therapie. Nach Nervenoperationen sollten sportliche Übungen nicht vor dem 5. oder 6. Monat begonnen werden.

Eine allgemeine sportliche Betätigung ohne besondere Berücksichtigung des verletzten Armes, also regelmäßige Körpergymnastik, leichtathletische Übungen oder Ballspiele sollten von jedem Verletzten wahrgenommen werden und möglichst immer im Freien erfolgen. Steht eine Schwimmhalle zur Verfügung, so stellt das Schwimmen gerade für den Armverletzten eine ganz ideale sportliche Übungsbehandlung dar.

6. Zusätzliche konservative Maßnahmen

Hierunter sind vor allem hydrotherapeutische Maßnahmen zu verstehen, die als Teil- oder Ganzbäder mit vielerlei Zusatzmitteln oder als Sauerstoff- und Stangerbäder, Dampfduschen oder Wechselbäder zur Anwendung kommen. Sie dienen - abgesehen von der Allgemeinroborierung - in Verbindung mit den anderen therapeutischen Maßnahmen der Durchblutungsförderung, der Steigerung des Muskeltonus und der Nervenirregbarkeit, sowie der Stimulierung vegetativer Zentren. Auch gehört hierzu die physikalische Wärmetherapie mit Heißluft, Packungen und Diathermie. Drohen im Lähmungsstadium trophische Störungen aufzutreten, so sind durchblutungsfördernde oder gefäßtonisierende Medikamente zu verabreichen. Wir wollen in diesem Zusammenhang auch auf die Bedeutung einer psychischen Führung hinweisen, besonders bei Verletzten mit irreparablen Lähmungen, die sich in vielen Fällen mit dem Gedanken des Berufswechsels und der Umschulung vertraut machen müssen.

7. Behandlung von Kontrakturen

Man muß Sorge tragen, Kontrakturen zu verhüten, um sich später nicht mühen zu müssen, sie zu beseitigen. Die Gefahr der Ausbildung von Kontrakturen ist nach peripheren Nervenverletzungen groß. Bei irreparablen totalen Plexusläsionen bedeuten Kontrakturen einen Endzustand, die Behandlung erreicht hier nichts. An den Fingergelenken sprechen wir von dystrophischen Kontrakturen, ganz allgemein haben wir es mit muskulären, arthrogenen und paralytischen Kontrakturen zu tun. Kontrakturen werden vermieden durch richtige Lagerung des Armes, durch frühzeitige passive und aktive Bewegungsübungen und sorgfältige Muskelpflege. Die langwierige, schwierige und oft doch unbefriedigend verlaufende Behandlung bestehender Kontrakturen befaßt sich ebenfalls mit passiven und aktiven Bewegungsübungen unter gleichzeitiger Anwendung von Wärme und mit sorgfältigen Massagen kontrakter Muskeln. Unterstützend wirken intraarticuläre Novocain- oder Prednisolon-Injektionen. Die schweren Kontrakturen müssen mit Schienen oder im Gipsverband mit Dauerzügen gequengelt werden. Manchmal bringt nur ein Redressement in Narkose die Behandlung weiter. Operative Maßnahmen zur Beseitigung von Kontrakturen (Arthrolysen, Tenotomien, Muskelverlagerungen, Osteotomien) wurden bei keinem unserer Verletzten ausgeführt.

8. Versorgung mit orthopädischen Hilfsmitteln

Die orthogonale Lagerung des gelähmten Armes auf einer Abduktionsschiene oder im Gipsverband verhindert die Überdehnung der Muskeln, die an einem schlaff herabhängenden Arm zwangsläufig entsteht und dann eine Nervenregeneration erschweren oder zunichte machen würde. Auch bei Wiedereinsetzen der Funktion muß der Arm weiterhin gelagert bleiben und wird nur zur Übungsbehandlung von der Schiene oder aus dem zur Schale geschnittenen Gips genommen. Wesentlich bleibt, daß Muskelursprung und Muskelansatz niemals für längere Zeit zu sehr genähert (Gefahr der Kontraktur) oder zu weit voneinander entfernt werden dürfen (Gefahr der Überdehnung). Im Stadium der zu erwartenden spontanen oder postoperativen Nervenregeneration bedeutet die Armlagerung auf einer Schiene ein geradezu unentbehrliches Heilmittel.

Ist jedoch mit totalen oder partiellen Dauerlähmungen zu rechnen, so müssen für eine gewisse Zeit oder für immer orthopädische Apparate angepaßt werden, sofern mit ihnen Funktionsgewinne erzielt werden können. Am ehesten noch läßt sich eine Beugung im Ellenbogengelenk durch Federzug oder Gelenkraster bewerkstelligen, eine ersetzende Schulterbeweglichkeit ist bei Dauerlähmung des Schultergürtels unmöglich, will man nicht nur hinderliche und komplizierte Apparate konstruieren. Bei Unterarm- und Handlähmungen bringen Unterarmmanschetten, die das Handgelenk umgreifen, einen gewissen Ersatz. Bei völligen Handlähmungen können an den Manschetten Fäustlinge oder Leder-schlaufen angebracht werden, mit denen leichtere Gegenstände gehalten und getragen werden können. Von den 31 Verletzten, die totale Plexusschädigungen erlitten hatten, mußten 19 (61%) mit Schienenhulsenapparaten versorgt werden. Bei den Verletzten mit oberen Plexusschädigungen waren es 4 (20%), die Hilfsapparate zur Unterstützung der Beugung im Ellenbogengelenk erhielten.

Es läßt sich erkennen, daß unseren Bemühungen in der medizinischen Rehabilitation Grenzen gesetzt sind. Als letzte Möglichkeit einer teilweisen Wiederherstellung bieten sich noch die Ersatzoperationen an. Wir unterliegen hier jedoch von vornherein der Einschränkung, daß nur bei partiellen Dauerlähmungen am Arm und unter günstigen Umständen ein Funktionsgewinn zu erwarten ist. Es müssen am Arm oder an der Schulter voll funktionsfähige Muskeln vorhanden sein, die zum Ersatz herangezogen werden können. Bei unseren Verletzten kamen Ersatzoperationen in der Zeit unserer Beobachtung in keinem Fall zur Anwendung.

Wie verläuft das weitere Schicksal der Plexusverletzten?

Bevor wir die Fragen der beruflichen Wiedereingliederung berühren, stellen wir in der Tab. XVI noch einmal die Wiederherstellungsergebnisse der einzelnen Plexusschädigungen im Zusammenhang dar.

Tab. XVI Behandlungsergebnisse der traumatischen Plexusschädigungen
nach 12 Monaten

	totale Pl. Sch.	obere Pl. Sch.	Faszikel- Schädigung
totale Lähmung	45,2 %	30 %	-
geringe Funktion	38,7 %	15 %	23,1 %
eingeschr. Gebf.	16,1 %	30 %	7,7 %
gute Gebrauchsf.	-	25 %	46,1 %
Heilung	-	-	23,1 %

Tab. XVII Berufliche Wiedereingliederung der Verletzten mit Plexus-
schädigungen

	totale Pl. Sch.	obere Pl. Sch.	Faszikel- Schädigung
alter Beruf	1 %	35 %	62 %
neuer Beruf	70 %	50 %	23 %
alter Betrieb	23 %	45 %	54 %
neuer Betrieb	48 %	40 %	31 %
Invalidisierung	13 %	10 %	-

Die durchschnittliche Minderung der Erwerbsfähigkeit betrug bei den Verletzten mit totalen Plexusschädigungen

nach Ablauf des ersten Jahres	71,5 %
nach Ablauf des zweiten Jahres	68,7 %

Bei den wenigen Verletzten, die eine eingeschränkte Gebrauchsfähigkeit des Armes wiedererlangten, lag die Minderung der Erwerbsfähigkeit nach zwei Jahren zwischen 30 und 50 %, ohne daß sich später Änderungen einstellten.

Die durchschnittliche Minderung der Erwerbsfähigkeit betrug bei den Verletzten mit oberen Plexusschädigungen

nach Ablauf des ersten Jahres	42,2 %
nach Ablauf des zweiten Jahres	34,5 %

Die Verletzten mit gut gebrauchsfähigen und eingeschränkt gebrauchsfähigen Armfunktion wiesen nach dem ersten Jahr eine Minderung der Erwerbsfähigkeit zwischen 30 und 40 % und nach dem zweiten Jahr eine zwischen 10 und 30 % auf.

Bei den Verletzten mit Faszikelschädigungen des Armplexus betrug die durchschnittliche Minderung der Erwerbsfähigkeit

nach Ablauf des ersten Jahres	36,5 %
nach Ablauf des zweiten Jahres	27,5 %

Drei Verletzte, bei denen es zur völligen Ausheilung der Verletzungen kam, wiesen nach dem zweiten Jahr überhaupt keine Erwerbsminderung mehr auf. Bei den Verletzten mit guter und eingeschränkter Gebrauchsfähigkeit des Armes lag der Grad der Erwerbsminderung nach dem zweiten Jahr zwischen 0 und 30%.

Die Tab. XVII zeigt den prozentualen Anteil der Verletzten, die ihren früheren Beruf wieder aufnehmen konnten oder einen neuen ergreifen mußten, sowie den Anteil derer, die in ihrem früheren Betrieb wieder beschäftigt wurden oder eine andere Arbeitsstelle finden mußten. Die Invalidisierung erfolgte nicht in allen Fällen allein wegen der Plexusschädigung, sondern teilweise auch wegen der schweren chirurgischen Begleitverletzungen, über die wir bereits gesprochen haben.

Die Möglichkeit zur Wiederaufnahme der früheren Berufsarbeit hängt von dem Funktionszustand des verletzten Armes ab und von der Art der früheren Tätigkeit. Nur drei Verletzte hatten Berufe, die sie nach dem Unfall auch mit vollständigen Daueralähmungen am Arm ausüben konnten. Zwei davon waren kaufmännische Angestellte, einer war Lageraufseher. Alle anderen Verletzten, die ihre frühere berufliche Tätigkeit wieder aufnahmen, zeigten zu diesem Zeitpunkt eingeschränkt bis gut gebrauchsfähige Armfunktion. Die unterschiedlichsten Berufsgruppen waren hier vertreten: Bauführer, Lagerleiter, Maschinenmeister, Maurer, Schlosser, Schreiner, Hilfsarbeiter, Fabrikarbeiter oder landwirtschaftliche Arbeiter, kaufmännische Angestellte, Kraftfahrer, Lokführer und Mechaniker.

Einer Umschulung unterzogen sich fünf Verletzte, vier für den Verwaltungsdienst und einer für den Lehrberuf. Zwei zeigten geringe Armfunktionen nach totaler Plexusschädigung, zwei geringe Funktionen nach Faszikelschädigung und einer eine vollständige Lähmung der Schulter- und Oberarmmuskulatur nach oberer Plexusschädigung. Alle fünf Verletzten waren Rechtshänder, bei denen die Plexusverletzung den linken Arm betraf. Die anderen Verletzten, die einen neuen Beruf ergreifen mußten, fanden ihre Anstellungen ohne Umschulungsmaßnahmen. Diejenigen, die durch den Unfall totale Daueralähmungen am Arm davontrugen oder nur geringe Funktionsmöglichkeiten zurückgewannen und damit im früheren Beruf nicht mehr weiterarbeiten konnten, wurden Pförtner, Schalterbeamte, Schaffner, Betriebswachter, Aufsichtsführende, Telefonisten, Botengänger, Gemeindediener, Fahrstuhlführer, Tankwart oder Kontrolleure. Verletzte, die trotz eingeschränkter oder auch gut gebrauchsfähiger Armfunktion ihren früheren Beruf nicht weiterführen konnten, fanden ähnliche Anstellungen oder

wurden Büroangestellte, Lager- oder Hilfsarbeiter, Sortierer, Werkzeugprüfer oder Vertreter.

IV. ZUSAMMENFASSUNG

Wir berichten über 64 Verletzte mit traumatischen Schädigungen des Plexus brachialis. Es handelt sich dabei um 31 totale und 20 obere Plexusschädigungen und um 13 Faszikelschädigungen. Nach einer Einführung in die Anatomie des Armnervengeflechtes werden Unfallursache, motorische und sensible Ausfälle und vegetative Störungen am Arm für die einzelnen Schädigungsformen des Plexus besprochen. Die häufigste Ursache für die wurzelnahen totalen und oberen Plexusschädigungen ist der Motorradunfall, der typischerweise nach dem Prinzip des Schulteranpralles oder des Schulteraufschlages verläuft und zu einer ruckartigen Anspannung des Nervengeflechtes führt. Ursache für die Faszikelschädigungen des Plexus sind in der Mehrzahl der Fälle direkte Traumen im Bereich der äußeren Schulter. Das Ausmaß der Plexusschädigung kann immer erst nach Erholung der nur flüchtig mitgeschädigten Nervenfasern beurteilt werden. Das Verhalten der dann noch vorhandenen Lähmungen und ihren Rückbildungsgrad konnten wir über einen Zeitraum von 2 Jahren beobachten. Der günstigste Zeitpunkt für einen operativen Eingriff am Armnervengeflecht liegt zwischen dem 3. und 5. Monat. Eine Frühoperation ist nur bei offenen Plexusverletzungen angezeigt. Die Indikation zur Operation ergibt sich aus dem klinischen Verlauf, irreparable Plexuswurzelaustrisse aus dem Rückenmark müssen ausgeschlossen werden. Bleiben Armlähmungen ohne Zeichen einer Funktionsrückkehr trotz konservativer Behandlungsmaßnahmen bestehen oder kommt es in der anfänglich fortschreitenden Rückkehr einer Muskelfunktion zu einem Stillstand oder zu einer Verschlechterung, so muß operiert werden. Die Ergebnisse von 8 Neurolysen und 2 Nervennähten ergaben bei 10 % eine bedeutende und bei 70 % eine geringe motorische Besserung, bei 20 % zeigte sich kein Erfolg. Die Maßnahmen der konservativen Behandlung werden ausführlich besprochen. Bei den totalen Plexusschädigungen bestanden nach 12 Monaten noch bei 45,2 % totale Lähmungen am Arm, 38,7 % zeigten geringe Funktionsmöglichkeiten und 16,1 % eine eingeschränkte Gebrauchsfähigkeit. Bei den oberen Plexusschädigungen behielten 30 % vollständige Schulter- und Oberarmlähmungen, 15 % zeigten geringe Funktionsmöglichkeiten, 30 % eine eingeschränkte und 25 % eine gute Gebrauchsfähigkeit. Bei den Faszikelschädigungen blieben bei keinem Verletzten totale Armlähmungen zurück, 23,1 % zeigten geringe Armfunktionen, 7,7 % eine eingeschränkte und 46,1 % eine gute Gebrauchsfähigkeit, bei 23,1 % kam es zu einer völligen Ausheilung der Verletzung. Abschließend machen wir Angaben über den Grad der Minderung der Erwerbsfähigkeit nach Ablauf des ersten und des zweiten Jahres und berichten über den Anteil der Verletzten, der im früheren Beruf oder Betrieb weiterarbeiten konnte oder einen neuen Beruf mit oder ohne Umschulungsmaßnahmen ergreifen mußte.

Zum Schluß meiner Arbeit möchte ich Herrn Professor Dr. med. A. L o b herzlich für die Überlassung des Themas und die Übernahme des Referates danken.

Herrn Professor Dr. med. R. Z e n k e r , Direktor der Chirurgischen Universitätsklinik München, danke ich für die Übernahme des Correferates.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Oberarzt Dr. med. J. P r o b s t und Herrn Dr. med. B. S t a d i e für die Durchsicht und die Korrektur der Arbeit.

V. LITERATURVERZEICHNIS

- | | |
|--|---|
| BADER, L. | Über die Anatomie der seitlichen Halsregion in Beziehung zu den traumatischen Schädigungen des Plexus brachialis (ital.).
Chir. Org. Movim. 26, 99-114 (1940). |
| BLEISCH, J. | Die Verletzungen des Plexus brachialis.
Inaug.-Diss., Zürich, 1938. |
| BÖHLER, J. | Die Behandlung der oberen Plexuslähmung.
Langenbecks Arch. Chir. 276, 664-668 (1953). |
| DAVIS, L., MARTIN, J. u.
PERRET, G. | The treatment of injuries of the brachial plexus.
(Die Behandlung der Verletzungen des Plexus brachialis)
Ann. Surg. 125, 647-657 (1947). |
| DEMME, F. | Drei Verletzungen des Plexus brachialis bei Motorradfahrern.
Wien. med. Wschr. 1929 I, 642-645. |
| PRYKHOLM | Plexusverletzungen und Wurzelläsionen am Arm.
Langenbecks Arch. Chir. 288, 40-41 (1958). |
| HASENJÄGER, Th. u.
PÖTZL, O. | Phantomarm bei Plexuslähmung.
Dtsch. Z. Nervenheilk. 152, 112-132 (1941). |
| HEIDRICH, L. | Stumpfe Verletzungen des Plexus brachialis.
Zbl. Chir. 472 (1931). |
| JANTZEN, P. M. | Schema zur Untersuchung der Plexus brachialis Verletzungen.
Dtsch. med. Wschr. 86, 1350-1351 (1961). |
| KOLODNY, A. | Traction paralysis of the brachial plexus.
(Zuglähmung des Plexus brachialis).
Amer. J. Surg. 51, 620-629 (1941). |
| KÜTTNER, H. u.
HEIDRICH, L. | Die stumpfen Verletzungen des Plexus brachialis.
Dtsch. Z. Chir. 234, 586-595 (1931). |

- LANGE, M. Lehrbuch der Orthopädie und Traumatologie.
 Enke, Stuttgart (1960).
- LESTER, J. Die Pantopaque-Myelographie bei Ausrissen des
 Plexus brachialis.
 Acta. radiol. 55, 186 (1961)
- MUMENTHALER, M. Die peripheren Nervenlähmungen im Bereiche
 der oberen Extremitäten.
 Schweiz. Rundschau f. Med. 28, 638-645 (1959).
- PECINKA, H. Die operative Behandlung der traumatischen
 Lähmungen des Plexus brachialis.
 Zbl. Chir. 85, 1678-1682 (1960).
- RÖHLIG, H. Über Verletzungen des Plexus brachialis.
 Zbl. Chir. 85, 345-354 (1960).
- RÖTTGEN, P. Über traumatische intradurale Wurzelabrisse.
 Nervenarzt 23, 348-349 (1952).
- ROHR, H. Plexusverletzungen und Wurzelläsionen am Arm.
 Langenbecks Arch. Chir. 288, 29 - 54 (1958).
- SCHÄFER, A. Zerreißung des ganzen Plexus brachialis durch
 stumpfe Gewalt.
 Zbl. Chir. 1399-1401 (1934).
- SCHÖNBAUER, H. R. Verrenkungsbruch der Schulter mit Verletzung
 des Armplexus und Arterienkompression.
 Chir. Praxis 4, 447-449 (1958).
- SCHULER, C. Zur Behandlung der geschlossenen Verletzungen
 des Plexus brachialis.
 Schweiz. med. Wschr. 88, 801-806 (1958).
- SCHUM Verletzungen des Plexus brachialis.
 Zbl. Chir. 63, 1545-1546 (1936).
- STAHL Verletzungen des Plexus brachialis.
 Zbl. Chir. 63, 1541-1547 (1936).
- VESELSKY, J. Unsere Erfahrungen mit den Plexus brachialis
 Lähmungen bei Motorradfahrern. (Tschechisch)
 Dtsch. Zusammenfassung: Ztrorg. f. ges. Chir. 107,
 464 (1943).
- VOLLMAR, J. Die typischen Verletzungen des Auto- und Motor-
 radfahrers.
 Langenbecks Arch. Chir. 286, 54-90 (1957).

- WASCHULEWSKI, H. Verletzungen des Plexus brachialis und der
I. Rippe durch Motorradunfälle.
Z. Orthop. 87, 55-63 (1956).
- WIEDEMANN, O. u. DECKER, K. Das Myelogramm bei Ausrissen des Armplexus.
Röntgenforsch. 84, 345-349 (1956).
- WITT, A.N. u. SCHADER, H. Plexusverletzungen. Ihre Behandlung und
Behandlungserfolge.
Arch. orthop. Unfall-Chir. 44, 108-129 (1949).

LEBENS LAUF

Ich wurde am 12. April 1935 als Sohn des Frauenarztes Dr. med. Hans Dencker und seiner Ehefrau Herta, geb. Buttenberg, in Breslau geboren.

Ich besuchte die Volksschule in Breslau und ab 1947 die Leibnizschule in Hannover. An dieser Schule legte ich 1956 die Reifeprüfung ab.

Mein Medizinstudium begann ich 1956 an der Universität Tübingen. 1957 wechselte ich an die Universität Kiel, wo ich 1959 die ärztliche Vorprüfung bestand. Das erste klinische Semester belegte ich in Kiel, die weiteren an der Universität München. Im August 1962 bestand ich an der Medizinischen Fakultät der Universität München das Staatsexamen.

Meine Medizinalassistentenzeit leistete ich ab in der Medizinischen Klinik des Städt. Krankenhauses Leverkusen (Prof. Nöcker), in der Orthopädischen Klinik der Freien Universität Berlin (Prof. Witt), in der Chirurgischen Abteilung des Stadtkrankenhauses Schwabach (Dr. Stärzl) und in der Frauenklinik der Städt. Krankenanstalten Delmenhorst (Prof. Kolbow).

Seit dem 1. 7. 1965 bin ich als Stationsarzt in der Inneren Abteilung des DRK-Krankenhauses Debestedt bei Bremerhaven (Dr. Kröncke) tätig.

